

**DISCURSO DE CONTESTACIÓN**

**POR EL**

**Ilmo. Sr. D. ANDRÉS POCOVÍ JUAN**



Excelentísimo Sr. Presidente

Excelentísimos e Ilustrísimos señores académicos y autoridades

Ilustrísimo Señor Académico Electo

Señoras y Señores.

Quiero empezar diciendo, sin ningún pudor, que considero que la Academia ha tenido el acierto de confiarme el discurso de contestación de este acto de recepción solemne del Académico Electo Ilmo. Sr. D. José Luis Simón Gómez. Me permito decirlo básicamente por dos razones: la primera es que mis torpes palabras y elucubraciones no quitarán un ápice de protagonismo al nuevo académico y la segunda por decidir que sea esta sesión tan destacada la de mi primer papel en este oficio.

### **Semblanza**

Suelo decir con jactancia que la casi totalidad de los actuales profesores de geología de Zaragoza han pasado por mis clases. ¡Es cosa de la edad! Pero hay casos excepcionales, como el de José Luis Simón, que del Colegio Universitario de Teruel pasó a la UCM; no obstante conocía algunos datos de su “ficha” (léase incomparable expediente académico) vía el profesor Gutiérrez Elorza y otros colegas. Sin duda conducir el tema de la beca FPU bajo la influencia de la “inteligencia emocional” que ya había aflorado con la Tesis de Licenciatura (Simón 1979) fue un acierto indiscutible. La ejecución de la tesis a ritmo frenético, e intercalando, entre otras actividades, algunas sesiones de seminario departamental en las que daba cuenta de avances en el conocimiento regional y en los desarrollos metodológicos que tenía entre manos, se vio como cosa poco común en el ámbito de la investigación geológica de entonces. En dichas sesiones dejaba claras sus magistrales cualidades de un comunicador que domina sus temas y a la vez sabe ponerse en la piel del oyente y conducirlo, sobre las bases de lo conocido, hacia las ventajas de las innovaciones y la valoración de los nuevos hallazgos.

Después de la tesis (Simón 1982), vino la beca postdoctoral en “la Meca de la Geología Estructural de Occidente” (Universidad de Montpellier), el establecimiento de otros lazos internacionales (Cardiff, Swansea, Bristol, Toulouse, Bogotá...), la incorporación a la vida docente e investigadora en el Dpto. de Geomorfología y Geotectónica pasando por las momentáneas incertidumbres de los interinos en la ordenación académica y luego las consabidas oposiciones. Todas estas actividades propiamente “curriculares” se desarrollan

envueltas en un aura de los más diversos matices culturales, como diseño y elaboración de material didáctico de distintos niveles, literatura, formación y creatividad musical, organización y promoción de centros y eventos dedicados a la puesta en valor elementos del patrimonio geológico.

Objetivamente hablando, y dentro de la parcela geológica de la comunidad científica, el historial del Académico Electo es envidiable y va mucho más allá de lo que es corriente “dentro de la sensatez de una época de ciencias normal”. Hemos escuchado un discurso en el que ha hecho alusión a algunas de sus aportaciones a la ciencia y a la actividad universitaria pero, evidentemente, su presentación no ha tenido nada que ver con una exposición de méritos o *curriculum vitae* convencional. Más bien se me antoja que, por momentos, tenía un tono de confesión, casi exhibiendo culpas y aceptando penitencias. Digamos que se trata de una “autobiografía emocional”, que ha hecho más hincapié en sus inquietudes que en sus resultados y que la ha expresado con la seriedad que requiere este acto, pero también con la misma llaneza con que podría sacar cualquiera de los aspectos aludidos rodeado de contertulios, frente a la barra de la cafetería, ante una taza de té verde o de poleo-menta moderadamente azucarada. Es la misma llaneza que le acompaña en las relaciones con estudiantes, en las reuniones de trabajos con intereses contrapuestos, intervenciones en mesas redondas, moderación de actos con participación de público, etc.; pero tal vez en el grado más superlativo dicha llaneza se manifiesta en el ambiente del Área y del Grupo de Investigación. Consecuencia e ilustración de lo que comento es que cuando los miembros del Área hemos tenido que dedicar unas palabras de introducción/presentación en un acto público en el que fuera a intervenir, sistemáticamente hemos olvidado mencionar el “detalle” de que es el Catedrático de Geodinámica Interna de la UZ. En mi descargo, y el de los colegas que hemos cometido esta desconsideración, debo decir que nunca han faltado méritos afines al tema del evento a los que hacer alusión.

Indudablemente en este mismo plano de la llaneza hace que no se citen en el discurso, o solo se mencionen casi veladamente, algunas de sus aportaciones de gran relevancia como, por ejemplo:

- 1) Los trabajos sobre las dolinas del entorno de Zaragoza que dieron lugar a numerosas publicaciones (p. ej. Simón *et al.* 2009, Soriano y Simón 2002 o una extensa memoria del Ayuntamiento de la ciudad –Simón *et al.* 1998–, que es referencia obligada en todas los estudios geotécnicos concernientes a los problemas que causa este fenómeno tan cotidiano).
- 2) La creación del Parque Geológico de Aliaga cuando no había ningún precedente, y

su destacado papel de germen de desarrollo de otras iniciativas que ahora integran la propia red internacional de Geoparques.

- 3) La participación en los prestigiosos cursos de verano de Teruel como colaborador, organizador y director.
- 4) La creación, en 2005, del germen del Geolodía en el mismo Parque de Aliaga (Simón 2005, Alcalá *et al.* 2018).
- 5) La elaboración de modelos de tectónica experimental.
- 6) La creación de material didáctico para el aula o para el campo (Simón 1998, Simón *et al.* 2001, Simón *et al.* 2003).
- 7) Los premios relacionados con su excepcional expediente académico.
- 8) El Premio José María Savirón de Divulgación Científica concedido por este Centro que ahora mismo nos acoge.
- 9) La organización de un foro de información y debate de temas geoambientales (el Geoforo por una Nueva Cultura de la Tierra) . . .

El Geoforo merece un subrayado: en torno a su liderazgo, indiscutible y a la vez casi imperceptible en términos de imposiciones autoritarias, se constituye en observatorio permanente de la incidencia de la actividad humana en el deterioro del medio natural, con especial sensibilidad por lo que ocurre en nuestro entorno próximo, apoyado sobre las nuevas tecnologías de la información y comunicación. Sobre los temas más inquietantes se organizan periódicamente actividades abiertas, especialmente los ciclos anuales de conferencias y mesas redondas, que cuentan con gran afluencia de público sensible a cada tema de convocatoria y notable eco en los medios. Los resultados de los debates, debidamente consensuados suelen dar lugar a comunicados en los que se expone clara, cuidadosa, razonada y sensatamente la motivación y la postura del Geoforo, y se dirigen abiertamente a las autoridades, a los medios y a las partes implicadas. Es ante todo una labor social de sensibilización sobre nuestra relación con el ambiente, los recursos, los riesgos, el patrimonio, etc.

Hablando de modo “convencional”, en términos de c.v., habría que hacer alusión a sus varios centenares de títulos de artículos, capítulos de libros, libros, guías de campo, cursos extraordinarios, seminarios, comunicaciones a congreso, etc., con más de medio centenar

en el SCI. Esta producción que da soporte a 5 sexenios de investigación reconocidos (el sexto a punto de caer) y uno de transferencia, en torno a tres mil citas en *Google Scholar*, que en el ámbito de la geología es un número muy alto. La temática que domina su actividad investigadora está significativamente expresada en los títulos de los proyectos ministeriales y europeos que ha liderado y que le posicionan como reconocida autoridad en su materia y territorio. Entre los más recientes se pueden tomar en consideración:

- 1) *Evolución integrada de las estructuras extensionales recientes y el relieve de la Cordillera Ibérica centro-oriental: de las cuencas neógenas a la paleosismicidad cuaternaria* (MINECO-FEDER, 2013-2015).
- 2) *Interacción de sistemas oblicuos de fallas activas en las fosas de Teruel: aproximación estructural, sísmica y paleosísmica a la partición de la deformación* (MEC-DGI, 2010-2012).
- 3) *Interacciones tectónica-relieve-paleosismicidad en un contexto intraplaca: la Cordillera Ibérica centro-oriental* (MEC-DGI, 2006-2009).
- 4) *Geomechanical modelling and anisotropy at the reservoir scale –spanish team–* (CCE, 1994-1996).
- 5) *Geometría, cinemática y dinámica de estructuras alpinas en la Cordillera Ibérica, Cuenca del Ebro y Pirineo Navarro-Aragonés* (CICYT 1991-1994).

Además, no sería justo pasar sin una breve alusión a las contribuciones canalizadas como contratos o colaboraciones en proyectos de importancia social, como:

- 1) *Realización de 9 hojas del Mapa Neotectónico y Sismotectónico de España, 1:200.000* (IGME-ENRESA, 1988-1989).
- 2) *SHISTO2-SIGMA Análisis del estado de esfuerzos tectónicos reciente y actual en la península Península Ibérica* (Consejo de Seguridad Nuclear-ENRESA 1996-1997),
- 3) *Estudio de riesgos naturales en los terrenos de la orla de suelo urbanizable y en el corredor de la carretera de Logroño* (Ayuntamiento de Zaragoza).
- 4) *Asesoría de hundimientos kársticos: detección, análisis de probabilidad y herramientas predictivas* (MCT, en Proyecto PROFIT gestionado por Control 7, S. A.).
- 5) *Dirección y elaboración de contenidos del Centro de Visitantes del Parque Geológico de Aliaga* (Ayuntamiento de Aliaga, 2006)

## Tensores

También veo una prueba de la llaneza que antes mencionaba en esta especie de auto-calificación de una de sus aportaciones más importantes como “*decepcionante experiencia del análisis de paleoesfuerzos*”; expresión que, sacada de contexto, parecería el reconocimiento de un fracaso cuando no es para nada la realidad. Se trata de una aportación, admirable en términos conceptuales y metodológicos, que permite determinar distintos tensores de esfuerzos, discriminarlos por su cronología relativa, explicar el contexto tensional en que se forman las estructuras y su relación con la sismicidad. Su método ha dado soporte a diversas tesis doctorales, memorias y artículos (p. ej. Liesa 2000, Arlegui 1996, Casas 1990, Navarro 1987, Martínez Peña 1991, Liesa y Simón 2009, Arlegui *et al.* 2005, Casas y Simón 1992, Martínez Peña *et al.* 1995, Casas *et al.* 1992, como más próximas de un largo etcétera) y a numerosas citas internacionales. En todo caso salta a la vista que el método de análisis de paleoesfuerzos no es una “doctrina” que invite por sí misma a ganar seguidores o adeptos, sino una poderosa herramienta para determinar el significado de las estructuras que implican deformación frágil de macizos rocosos. Es una necesidad que se plantea en buen número de trabajos basados en el conocimiento del terreno, y que implica indeterminadas horas de búsqueda e identificación de estructuras adecuadas y recopilación de numerosos datos en numerosos puntos adecuadamente dispersos, etc. No me cabe duda de que el número de usuarios del método queda filtrado por la perspectiva de duras jornadas del más puro trabajo de geología de campo y, como recientemente nos expuso en su brillante conferencia sobre paleosismicidad el Dr. M. A. Rodríguez-Pascua, el trabajo con botas de campo, brújula, martillo, lupa, libreta y lápices de colores, “no tiene glamour”. La clave para que un método sea atractivo pasa por comprar un instrumento caro, que incorpore mucha electrónica, con el que, manejándolo sobre el terreno o procesando muestras llevadas al laboratorio en que se ubica, se obtengan valores de un parámetro físico de indiscutible objetividad. Naturalmente, los suministradores del aparato y las escuelas formadas a la luz de sus destellos hacen que los resultados de las investigaciones resultantes tengan salida más fácil a los cauces de difusión y mejor acogida entre especialistas. Todos caemos en mayor o menor medida en esta tendencia.

## Geología

En el extremo opuesto en términos de popularidad es obligado mencionar el Geología, iniciativa emanada de la creatividad y buen hacer del Académico Electo y que como es

bien sabido y ya he dicho, tuvo su comienzo en 2005 en Aliaga (Alcalá y Simón 2018, Alcalá *et al.* 2018, Crespo Blanc *et al.* 2011). Desde allí y a partir de entonces ha tenido continuidad y expansión, de modo que hasta la fecha y al menos en sus 12 últimas ediciones se ha celebrado en todas las provincias del País (precisamente este año, la edición 2020, bajo los efectos del confinamiento por COVID-19, se ha mantenido la continuidad, pero con la novedad de la “visita virtual” con la ventaja de poder “visitar” varias citas de vez). Geolodía se ha convertido en la actividad geológica que tiene, en mucho, mayor número de participantes y seguidores, y los equipos de voluntarios que pretenden organizar las sesiones provinciales en muchos casos tienen que aguardar que la Sociedad Geológica de España, actual coordinadora del evento, les conceda su turno. Además de la SGE, concurren en la organización de los Geolodía, el IGME, la FECIT, la AEPECT, las universidades, el Colegio de Geólogos y diversas instituciones autonómicas, provinciales y locales.

### **Epistemología y estrés**

Habiéndome dejado llevar de la mano del Académico Electo en esta erudita inmersión en las grandes líneas de pensamiento centradas en el método científico, envueltas en inteligencia emocional y vistas desde el enfoque social, mis ánimos no me llevan a conducir el encargo de este discurso de contestación por caminos que me permitan encender otras luces, rellenar lagunas o aportar nuevos y pertinentes ejemplos, de modo que me limitaré a apuntar, al hilo del discurso, unas notas mal trabadas, a modo de confesiones de mis miedos y carencias.

Debo empezar por confesar que mi aproximación a nociones epistemológicas se limita a ideas entresacadas de los trabajos que las esgrimen en apoyo de la solidez de sus razonamientos, de la validez de sus deducciones o de la madurez de su pensamiento. Desde esta postura de ignorancia casi absoluta (pero defendiendo que la ignorancia no es el peor de los defectos humanos, puesto que, teniéndola de nacimiento, sobrevivimos como especie) me agobia la sospecha de que los pensadores de la epistemología son muy dados a ensañarse con los temas de las ciencias de la naturaleza y, a la vez, los que de alguna manera cultivamos una parcela de sus especialidades tendemos a flagelarnos indagando en nuestras propias incoherencias y limitaciones, sea acerca de la precariedad de nuestros principios metodológicos, la fiabilidad de nuestras observaciones, la representatividad de nuestros datos o la falta de capacidad y habilidad para transmitirlos. Desde esta perspectiva de perfil bajo tiendo a asumir una actitud de reaccionario y, al mismo tiempo, me

saltan permanentemente los temores a no saber identificar las tenues líneas de contacto entre conocimientos científicos (objetivos, demostrables, verificables... “ortodoxos”) y conocimientos condicionados por la inteligencia emocional, la coyuntura social, las creencias, costumbres y tradiciones o el peso de autoridades reconocidas, e incluso temores a no saber identificar las a veces tenues líneas de separación entre la ciencia, las paraciencias, la metafísica o las pseudociencias. Dentro de estos circunloquios me sorprende aplaudiéndome cuando descubro que “*hay que impulsar la investigación a la autoreflexión sobre sus propias creencias y valores (objetividad fuerte)... porque ... no podemos tener una percepción del mundo ajena a nuestros intereses y valores, y no temer que en nuestro quehacer científico se pongan de manifiesto y se sometan explícitamente a elección*” (Putnam 1988, Magallon 2015. –En Simón 2020–)

Por ejemplo no puedo evitar que se me despierten ciertas emociones ante actuaciones de zahoríes, igual que me produce rechazo cualquiera de las teorías paracientíficas contenidas en los numerosos tratados de radiestesia (p. ej. Harrar, 1974). El “efecto ideomotor” es una buena explicación científica del origen de la fuerza que mueve los instrumentos de zahorí, y que la “sugestión” es el desencadenante de este efecto. Se considera demostrado experimentalmente que el efecto ocurre por sugestión estimulada en el propio experimento (Hyman 2003). El efecto ideomotor se define como un “autoengaño extremadamente poderoso, al punto de que muchos sujetos no pueden ser convencidos de que los desplazamientos se originan exclusivamente en sus mentes” lo que probablemente no es buen principio para plantear experimentos en esta materia. Cabe preguntarse si en absoluta espontaneidad hay estímulos objetivables para esa sugestión.

Curiosamente, al menos en el ambiente rural, todo el mundo tiene alguna información referente a éxitos de algún zahorí. Lamentablemente no hay información referente a fracasos, lo que, a todas luces permitiría tomar en consideración el rango de credibilidad y eficacia del “método”. Hay que reconocer que en la verdadera ciencia también, en gran medida, los éxitos tienen más resonancia que los fracasos.

Geólogos de probada credibilidad, como Domingo Palet Barba (Santanach 2013) o Bartolomé Darder (Darder Pericás 1926, Muntaner Darder 1969) han experimentado en esta materia y se han atribuido éxitos con ella. Mi propio padre, Miguel Pocoví Cabot (1902-1981), era zahorí. Le gustaba hablar de sus percepciones, pero no hablaba de fluido ni de ondas ni de corrientes, y nunca, jamás, percibió honorarios por este concepto, ni arriesgó fondos propios ni ajenos en relación con sus ensayos y jamás escribió sobre ellos, lo que para mí es razón de confianza.

Me reconforta el reconocimiento de que *“la geología es una ciencia especialmente reacia a la normalización”* y lo interpreto que significa que aún tenemos ciertos horizontes no demasiado sometidos a protocolos o convencionalismos. Asumo que nos ocupamos de una disciplina que no ha alcanzado aún el deseable grado de madurez y que *“la maduración de una ciencia es un proceso en volumen de su cuerpo de conocimiento que exige un desarrollo tanto en extensión como en profundidad. El crecimiento en superficie es ciego y tiende a la parálisis por falta de ideas mientras que el crecimiento en profundidad corre el riesgo de dar en una especulación incontrolada si no va acompañada de una estructuración lógica”* (Bunge 1972, recogido en el discurso de J. L. Simón). Con estas premisas tiendo a ver, en nuestro cuerpo de conocimiento, una inmensa extensión en superficie poblada de núcleos de desarrollo muy dispersos y con serias dificultades de comunicación. El crecimiento en profundidad se produce de manera muy aleatoria y cuanto más crece en profundidad más dificultades de comunicación interior experimenta, por más que cuenten con una poderosa estructura lógica. Presumo que el análisis de paleoesfuerzos, de la mano de J. L. Simón ejemplifica esta tesis y solo por los planteamientos holísticos del autor se tienden puentes en muchas direcciones.

Confieso que, de la mano de J. L. Simón este discurso de ingreso es la excursión más extensa que he llevado a cabo alrededor de la epistemología. En ella he percibido el énfasis de los teóricos de la epistemología en apoyo del trabajo teórico; *“cuanto antes empiece el trabajo teórico, tanto más fácil será el desarrollo del conocimiento en él (...), en cambio si se va retrasando la construcción de teorías por no sentirse la necesidad o por temor a los fracasos, ocupará su lugar un haz de pensamientos ciegos”* (Bunge 1985 –en Simón 2020–).

Me viene a la memoria que, en los días del Halley de nuestra generación, apareció un librito de divulgación (Calder 1985) que se hacía eco de las interpretaciones precientíficas de los cometas, daba datos de un buen número de cometas más o menos conocidos y de autores que se habían ocupado de investigarlos. De su lectura retuve una idea referente a un enfoque un poco peculiar de estimular el trabajo teórico, que se desprende del comentario que más o menos literalmente venía a decir: *“hay quién sostiene que de todas las aportaciones de Fred a la ciencia, la más importante es el trabajo de otros investigadores que ha motivado para demostrar que se equivoca”*.

El mencionado era Sir Fred Hoyle (1915-2001), prestigioso investigador del Institute of Astronomy de Cambridge, admirado por su teoría de la nucleosíntesis estelar pero menos admirado por la teoría de la “panspermia” y por su rechazo al Big-Bang.

Uno puede preguntarse, sin ánimo de entrar seriamente en materia, si la astrofísica

también es una ciencia tan reacia a la normalización como la geología y si la ironía tiene cabida en la filosofía de la ciencia.

Es decir, hay que potenciar el desarrollo teórico, pero a su vez hay que reconocer que una construcción teórica puede conducir por caminos de muy dudoso destino y también puede impedir abrir los ojos y la mente a nuevas evidencias. Vale la pena preguntarse si la epistemología tiene directrices para vencer el temor al fracaso o el vértigo de las teorías descabelladas. También puede uno preguntarse por el riesgo a dejarse cegar por teorías deslumbrantes (efecto Sopher-Zoohâr).

Con ese énfasis sobre el interés del desarrollo teórico, ¿es posible que en epistemología se minusvalore el significado del trabajo de William Smith (1769-1839)? En el tiempo de las investigaciones de Smith (esencialmente primer tercio del s XIX) ya había corrido mucha tinta sobre temas geológicos, ya sea entre plutonistas y neptunistas, o entre creacionistas y evolucionistas, por ejemplo. Eran planteamientos teóricos que contaban con muy escasa idea de la localización, orientación e incluso tamaño de los objetos geológicos a los que dirigían sus pensamientos. El impacto de los mapas, de Smith, basados en su “*Principio de Sucesión Faunística*” que eran capaces de expresar la “correlación” de estratos de puntos distantes, tuvo que ser superlativo entre los sabios que se ocupaban de temas geológicos (principalmente paleontología y mineralogía), aunque sin duda necesitaron introducirse poco a poco en el mensaje, tal vez con más desconfianza que costumbre de leer mapas. La objetividad y las relaciones espaciales de las observaciones geológicas ya era fielmente comunicable, y además los recursos minerales, el comportamiento del terreno en las obras públicas, los problemas de estabilidad, etc. se distribuían con una lógica similar a la de la sucesión faunística, lo que significaba, por ejemplo que la creación de los servicios geológicos nacionales y centros de investigación geológica de distinta índole se iba haciendo imprescindible.

Desde entonces una gran parte del trabajo “intelectual” del geólogo arranca tras el reconocimiento del terreno (es decir: descubrimiento, en general de escaso porte, sin demasiadas ataduras teóricas) y tras caracterizar y descifrar la lógica disposición de los cuerpos rocosos, implicando un 10 % de cabeza y un 90 % de pies (más o menos la misma proporción entre inspiración y transpiración que propugnaba Edison). La admiración que profeso a Leandro Sequeiros no me impide interpretar que cuando dice “*En la formación académica de los geólogos (al menos en España) la inclinación inductivista del profesorado clásico ha lastrado a varias generaciones*” (Sequeiros 2015, p. 100), cambiando “lastrado” por “acompañado” la expresión seguiría igualmente invitando a la reflexión pero sin la mis-

ma carga (innecesaria) de connotaciones negativas. Mirar hacia atrás, hacia generaciones anteriores, para detectar y analizar deficiencias epistemológicas indudablemente requiere una gran apertura de miras sobre las cambiantes marcos sociopolíticos, seguramente más cambiantes que los enfoques de la filosofía de la ciencia. Probablemente la cultura epistemológica pasa por épocas de tremenda aridez; por ejemplo, entre los 40s y los 60s del siglo pasado, los estudiantes de este país que no estuviesen específicamente motivados, podían (podíamos) pasar por las aulas con una formación epistemológica que no iba mucho más allá de distinguir entre ciencias puras y aplicadas y asumir el tópico de la excelencia de las ciencias puras más o menos en los términos que lo expresaba el académico Joan Vernet (1923-2011) en el prólogo del libro de Ribera i Faig (1988), dando pie a mencionar un libro que merece consideración y un académico que mereció la consideración de mis maestros: “(. . .) *la ciencia carece de fronteras y la que es pura desconoce las patentes y los derechos de autor*”.

El propio reconocimiento del terreno y su interpretación lógica ya supone introducir o manejar aspectos teóricos, para lo cual el posicionamiento de Bartolomé Darder (Darder Pericás 1947, Muntaner Darder 1969) representa un desiderátum muy loable: “. . . *el geólogo no puede tener amor propio y tiene que estar dispuesto a rectificarse a sí mismo o aceptar rectificaciones de otros tan pronto se convenza de su propio error. En geología no es raro que un gran maestro sea rectificado por un humilde principiante y que acepte esa rectificación sin el menor resentimiento en su amor propio. El verdadero geólogo busca la verdad por la verdad en sí, sin preocuparle lo más mínimo los posibles comentarios, y con la misma facilidad da a conocer los errores de los demás que los propios*” [¿Podemos darlo como generalmente asumido o convendría grabarlo en el manual de buenas prácticas /código deontológico?]. Posiblemente analizado desde puntos de vista epistemológicos, a la aseveración de Darder Pericás se le descubriría un trasfondo empiro-inductivista, pero no cabe duda de que también sugiere una inmensa permeabilidad a la intuición o inspiración imaginativas.

Cabe preguntarse si el ambiente geológico es proclive a producir “haces de pensamientos ciegos” y a su vez, si llegado el caso, asumir rectificaciones es tan fácil como hemos visto que sugería Darder Pericás. Demos un breve repaso a tres asuntos de notable resonancia pero que se pueden considerar “rarezas” en el ambiente normal de la investigación geológica. Son casos algo distantes entre si, en el tiempo y en el espacio, y que tienen en común un anhelo vehemente por leer las pruebas desde lado favorable a la hipótesis de partida: las *Lügensteine* de Beringer, el hombre de Piltdown y el cráter de Azuara.

*Lügensteine*.- En muchos libros de temas geológicos se hace alusión, precisamente por lo estrafalario y aleccionador, al caso de Beringer y las “*Lügensteine*”. Beringer montó su teoría sobre el origen divino de las “figuraciones” a partir las figuras zoomorfas torpemente esculpidas sobre lajas de margas que unos colegas bromistas ponían a su alcance, y lo hizo con tal pasión que ni haciéndole ver las marcas de las herramientas en ellas, quiso reconocer la intervención de la mano del hombre.

En realidad, como es bien sabido, el caso tiene poco que ver con el ambiente geológico: los protagonistas esenciales fueron, además del propio Johan Batholomeus Adan Beringer (1667-1738; decano de Medicina de la Universidad de Würzburg), los bromistas J. Ignatz Roderick (prof. de Geografía y ex jesuita) y Georg von Eckhart (bibliotecario), con la intervención de los jovencísimos ayudantes-recolectores estipendiados por Beringer (Christian Zänger y los hermanos Niklaus y Valentín Hehn).

Beringer construyó su teoría basándose en los falsos fósiles que los bromistas le esparcieron por el monte Eibelstadt, cerca de la Universidad, y que le encontraban sus recolectores. Se basó en principios teóricos de Aristóteles y Avicena que atribuían las impresiones minerales de seres vivos a una fuerza cósmica superior. Cuando los bromistas consideraron que habían ido demasiado lejos trataron de sacarle de su error y sólo llegó a convencerse que las figuraciones no procedían de la mano de Dios cuando, estando ya su lujoso libro impreso y distribuido, llegó a sus manos una pieza que lleva grabado su propio nombre (Jahn, 1963).

Lo realmente aleccionador del caso es que la Universidad de Würzburg tiene exposición permanente de una extensa colección de las “*Lügensteine*” y material gráfico con explicaciones pormenorizadas, y además, allí se edita una revista científica con su nombre (ver p. ej. la cita de Uchman 2001).

*Hombre de Piltdown*.- Ciertos puntos en común con el caso Beringer, en cuanto al anhelo de datos que confirmen una teoría, se aprecian en el caso del “hombre de Piltdown”. Parece probado que la aparición de un material deshonestamente manipulado, que llegaba para satisfacer las ansias por llenar el espacio del “eslabón perdido”, encendió a su entorno tal resplandor y revuelo mediático que la inteligencia emocional de los antropólogos se adelantó a las rutinarias y convencionales confirmaciones anatómicas. El caso dejó también un gran efecto aleccionador además de una gran nube de desconfianza sobre la credibilidad de grandes intelectuales de la época.

El hallazgo se componía de una mandíbula con dientes, un fragmento de cráneo y

un diente suelto, hallados en 1908 en una cantera de Piltdown (Sussex, UK), de donde fueron a parar a manos de un arqueólogo aficionado, Charles Dawson, y en colaboración con Arthur Smith Woodward (1864-1944), paleontólogo del British Museum of Natural History, que hizo una reconstrucción del cráneo, lo presentaron a la Geological Society en 1915. Se le dio el nombre de *Eoanthropus dawsonii* y fue discutido y admirado hasta 1953 en que se dio por demostrado que se trataba de un fraude. Se determinó que la mandíbula era de orangután moderno, el diente suelto de otro simio y el trozo de cráneo, humano antiguo. Dejando clara la intencionalidad de la escena, todas las piezas se habían coloreado químicamente para darles una apariencia uniforme.

Además del efecto aleccionador, alrededor del hombre de Piltdown se han inspirado la composición “Tubular Bells” de Mike Oldfield, un cuadro conmemorativo del pintor americano John Cook (WIKIPEDIA 2019a) y mucha discusión científico-deontológica. También existe un modesto monumento conmemorativo en el lugar del hallazgo.

Por otra parte, Woodward es reconocido como antropólogo no sólo como víctima de fraude, sino también por otras intervenciones más atinadas, como la descripción para la ciencia de *Homo rhodesiensis* WOODWARD 1923, especie que describió a partir del cráneo hallado en Kabwe, Zambia (Wikipedia).

*Cráter de Azuara.*- Desde hace 35 años la conjetura del impacto meteorítico de Azuara (Zaragoza) ha creado expectativas científicas y sociales. Un astroblema de varias decenas de km de diámetro que irrumpe en las publicaciones científicas (Ernstson *et al.* 1985) ya no puede pasar desapercibido aunque lo ha hecho durante décadas ante estudiosos y profanos. Sin embargo, las pruebas de campo, entusiásticamente aducidas por los defensores de la hipótesis (p. ej. Ernstson y Claudín 2007), no desmontan las explicaciones “ordinarias” referentes a la estructura de la zona y, aunque se mantienen expectativas no se aprecian novedades.

A mi entender el impacto meteorítico de Azuara representa un ejercicio del método hipotético-deductivo que se ha llevado al límite de la utilización honesta de pruebas a favor de la brillante hipótesis. Hay que reconocer que realmente hubo un impacto sonoro entre los geólogos conocedores del entorno en forma de “¿cómo no nos habíamos dado cuenta?”. Ello obligó a “revisitar” puntos conocidos y visitar otros por conocer, ya sea discretamente o en compañía de autores y entusiastas defensores de la teoría. La hipótesis nació en Würzburg, sobre una mesa y un mapa, seguramente sin péndulo de radiestesista, pero con un estado emocional que permitía obviarlo.

Tan brillante hipótesis animó a la recopilación de casos conocidos y a buscar las mismas pruebas en el dominio supuestamente afectado. El “equipo local” estima que las pruebas aducidas corresponden a fenómenos que tienen un significado regional ya bien asumido y sin vinculación al dominio supuestamente afectado por el impacto. El “equipo visitante” (Ernstson y Fiebag 1998, Ernstson *et al.* 2002, Ernstson y Claudín 2007, WIKIPEDIA 2019 b) considera que las pruebas están allí y no hay más que ver la claridad que desprenden y, además, los resultados de su geofísica también les apoyan. Sin embargo, las interpretaciones de las partes objetivas de la geofísica tienen matices diferentes para unos y otros. Tratándose de un tema de trascendencia “universal”, las publicaciones en pro y en contra tienen un impacto considerable, el eco social del tema es importante y, por supuesto, para la población del entorno tiene un efecto de atracción de miradas nada desdeñable. El equipo local actualmente tiende a dar por zanjada la cuestión (Aurell *et al.* 1993, Cortés y Casas 1996, Cortés *et al.* 2002, Díaz-Martínez 2004) con la pesadumbre de no aportar argumentos a la promoción del territorio (Sánchez-Cela 1997). El equipo visitante sigue manteniendo el interés por el impacto (permítaseme de nuevo este doble sentido) y el nombre de Azuara sigue en listas de posibles grandes cráteres de impacto de la Tierra (p. ej. WIKIPEDIA 2019 c), pero se excluye de la lista de los confirmados (WIKIPEDIA 2020).. Por mi parte, me acuerdo de las convicciones de Darder Pericás (1947) antes mencionadas y me inclino a pensar que un futuro centro de interpretación del cráter de Azuara tendría más opciones exhibiendo pruebas imaginativas según el modelo “exposición de Beringer” que pruebas objetivas tipo “exposición de Ramón y Cajal”, pero el método hipotético-deductivo podrá seguir gozando de buena salud.

### **Interés parroquial**

Entrando en otro orden de magnitud de conceptos, particularizando o entrando en una peculiaridad concerniente a la cuestión nada banal de la puesta en valor de los resultados de la investigación, el “interés parroquial” aludido en el discurso de investidura, al contrario de lo que puedan pensar quienes aplican esa consideración, creo que tiene el valor de auténtico halago, ya que en las “ciencias de la infinidad de variables” cualquier hallazgo que lleve a acotar algún aspecto de estas variables es una aportación significativa, aunque cualquiera que esté inmerso en otras parcelas esté tentado a decir “no crece en mi huerto”.

Precisamente en estos días que transcurre (además del confinamiento por COVID-19) el quinto centenario del primer viaje alrededor del mundo (1519-1521) he sentido una conmoción en la inteligencia emocional y he dado en tomar conciencia de que

*“( . . . ) los aniversarios ( . . . ) pueden ser una palanca poderosa para ( . . . ) adquirir una visión adecuada de lo que es la ciencia”* (Sequeiros 2012, p. 96. –Perdón por las mutilaciones–). Ello me ha llevado a indagar en los conocimientos geológicos de Filipinas en época colonial, y así a apreciar que hay fuentes básicas de la sismicidad histórica, la cadencia de las manifestaciones volcánicas y los huracanes o baguios se encuentran, no en la hoja parroquial, pero sí en las cartas de los párrocos testigos directos de los eventos. Estas cartas tenían dos destinos principales: unas se dirigían a la autoridad colonial por el “conducto reglamentario” [Gobernadorcillo – Autoridad provincial – Gobernador General] y a menudo eran prolijas en detalles, con descripciones ajustadas a los hechos, sobre todo en lo concerniente a daños, puesto que por lo general servían para proveer de ayuda a la población y a la reconstrucción de las instalaciones públicas afectadas. Otras eran las que los párrocos, generalmente del clero regular, mandaban a los generales de la orden dando cuenta de los acontecimientos y en algunos casos pasaban a imprenta entre otras que se referían a los logros misionales, como por ejemplo las “Cartas edificantes de la Compañía de Jesús”.

Actualmente bibliófilos, historiadores y científicos de cada especialidad extraen información valiosa, única, y generalmente objetiva a partir de los manuscritos o de los escasos ejemplares conservados de las publicaciones, materiales que la era informática hace cada día más accesibles. Todo ello me lleva a aventurar la generalización un tanto banal de que no hay modos obsoletos de transmisión de conocimiento si se exceptúan los que implican alguna forma de violencia.

En otro orden de cosas, pero en la línea de la valoración de los resultados de la investigación, permítaseme la simpleza de apuntar que por la mente científica me pasa la idea de que si los Lamont hubieran donado su chalet de Palisades al Instituto de Estudios Turolenses y no a la Universidad de Columbia (de la que por entonces –periodo comprendido entre el fin de la guerra y la llegada a la presidencia– era rector el general Dwight Eisenhower) y Henry Doherty hubiera emplazado sus pozos en la Sierra de Albarracín, el Lamont-Doherty Earth Observatory tendría base de operaciones en los llanos de Caudé y los medios invertidos en el estudio de la fosa de Teruel habrían sido sensiblemente distintos. En estas condiciones los resultados obtenidos, digo los mismos resultados que ahora se manejan, habrían tenido otro tipo de resonancia en la comunidad científica. Los condicionantes de la vida social y los golpes de efecto mediáticos tienen que ser temas de interés epistemológico. . . ¿Se preguntan a donde quiero llegar con estas divagaciones? —Posiblemente a un callejón sin salida o a una salida por la tangente recurriendo a la adaptación a nuestra realidad de una famosa frase atribuida a una intervención parlamentaria de D. Práxedes Mateo Sagasta: “Podrán decir que investigamos mal pero no podrán

decir que investigamos caro”.

### **Infinidad de variables**

Las ciencias de la naturaleza, geológicas y biológicas, exceptuando la cristalografía (de la mano de la físico-química) y tal vez la genética (por el lado de la bioquímica, desde que el código genético tiene fórmula) se desenvuelven entre un número no acotado de variables. En lo concerniente a la geología, que con el uniformitarismo salió de la “Edad Antigua” o de la mitología (mediados del XIX), con la tectónica de placas salió de la “Edad Media” (finales de los 60 del XX). La irrupción de la tectónica de placas en el panorama científico fue como demostrar que la tierra es redonda. Tras la gesta de hace 500 años (1519-1521) quedaba mucho por descubrir, situar, delimitar, repartir, someter... En geología, esta entrada en la “Edad Moderna” guarda cierto paralelismo: quedaba mucho por descubrir; incluso muchos cabos por atar entre lo ya descubierto, así que no es de extrañar que surjan significativas disidencias de escala global dentro de los nuevos paradigmas: Véase p. ej. Ager (1995) que tiene sólidos argumentos para desmontar el uniformitarismo o Anguita (2002) que recoge las “debilidades” del concepto de astenosfera, precisamente uno de los tópicos en que se asienta la tectónica de placas. Si descendemos a escala local, en la que la geología se relaciona con la vida cotidiana, a cada paso hay aspectos que pueden ser objeto de estudio desde los puntos de vista científico y técnico. Por supuesto, escala microscópica y ultramicroscópica, el mundo mineral sigue siendo “campo” de la geología, y la tecnología contemporánea proporciona medios para penetrar en él, abriendo un universo de posibilidades y de detalles desconocidos.

### **Los albores de la “Edad Moderna”**

Cuando se aborda un tema de investigación, al menos en geología estructural, generalmente se parte con conocimientos previos sobre el mismo y, si el estudio implica trabajo de campo, se dispone de mapas geológicos, fotografías aéreas, imágenes de satélite, modelos digitales, etc. de todo el Mundo y a escala más o menos detallada, y prácticamente todo ello accesible en la red. A su vez, el GPS, los drones y los variados medios de transporte parecen indicar que estamos inmersos en la “Edad Contemporánea” y las técnicas instrumentales pueden resolver todo. Por lo general, el planteamiento de un tema de investigación tiene que contar con marcos temáticos y regionales suficientemente flexibles para que sea sobre el terreno, a la vista de lo que hay (exploración y descubrimiento),

cuando se puedan perfilar los límites y concretar los objetivos iniciales. Exploración y descubrimiento, con “reminiscencias de Edad Moderna”.

Por cierto que el concepto “trabajo de campo” no está exento de ambigüedades. No es cuestión a explicar aquí su significado, pero me parece que los geólogos, y en general los naturalistas, pensamos que tiene matices distintos cuando lo usan economistas, sociólogos, epidemiólogos, genetistas... En buen número de especialidades “trabajo de campo” significa determinar valores de una o algunas variables en una población previamente acotada. En geología lo normal es enfrentarse a algo desconocido o poco conocido sin poder precisar de antemano qué aspectos son significativos ni tan siquiera donde localizarlos, y hay que tomar contacto con ellos con operaciones que están mucho más cerca del “trabajo del campo” (90 % con los pies –y con calzado adecuado–) que los propios de indagar en un espacio acotado. Y, por cierto también, con frecuencia es preciso irrumpir en los “campos” de otras ciencias o especialidades. Trasladando estas apreciaciones a la didáctica se puede asumir que, cuando un estudiante le pregunta al profesor de química en el laboratorio (con calefacción), ¿qué es este precipitado?, el profesor lo sabe (!). Cuando un estudiante de geología pregunta, en el campo (o sea, sobre el terreno) y bajo las inclemencias del tiempo, ¿esto qué es?... es ocasión para que el método hipotético-deductivo tenga un momento estelar (extraído de Gonzalo Pardo 1977, comunicación personal).

A todas luces, el planteamiento aludido no es representativo de la madurez científica que pregona la epistemología ortodoxa y es propicio que se produzcan “cambios copernicanos” revisando los mismos datos o revisitando las mismas localidades. En cualquier caso convendría saber si esta “cualidad” del método geológico es realmente una “debilidad” y, si lo es, hay que preguntarse si el término tiene connotaciones negativas.

El Nuevo Académico ha presentado sintética y magistralmente unos casos especialmente llamativos de reinterpretaciones que han cambiado los posicionamientos teóricos de la comunidad científica, al menos la de nuestro entorno: los paleoambientes de la Formación Utrillas, la falla de Concud y las megacapac de la cuenca turbidítica de Jaca, que le han llevado a reflexionar sobre la escasa madurez de nuestros métodos y que invitan más consideraciones.

## Paleoambientes

Del repaso analítico sobre los “sorprendentes cambios en la interpretación paleoambiental” de la Formación Utrillas (sistema fluvial – medio de transición con influencia mareal — sistema desértico tipo *erg*) aparecidos en cuatro décadas, el Académico Electo concluye, con no disimulado desencanto, que en este tiempo se ha progresado poco en la investigación de modelos sedimentarios y no se ha llegado a elaborar una línea metodológica que lleve a interpretaciones similares a partir de los mismos datos. El tema y su enfoque merecen ciertas reflexiones colaterales: Por una parte no podemos perder de vista que “la geología es una ciencia especialmente reacia a la normalización” (Simón 2020, p. 22), lo que es comprensible teniendo en cuenta que cualquier área temática que se aborde tiene **infinidad de variables** de las que, por lo general, unas pocas son un poco accesibles al observador. También podríamos hacer venir a cuento que la interpretación y las construcciones teóricas no surgen siempre delante del objeto de estudio, ni siquiera delante de los documentos que contienen la recopilación de datos, y que sobre una serie de observaciones (numeradas de  $A$  a  $N$ ) de un objeto investigado, el cambio de ponderación de las evidencias  $A_1 + C + E_5 + F_{3\beta} + G \cdots + N$  por las  $A_1 + B + E_{4\alpha} + F_6 + H \cdots + N$  puede producirse a la vista de otro objeto similar pero algo mejor expuesto y situado en el otro extremo del Mundo. De ello deberíamos concluir que los criterios diagnósticos no se sistematizan con facilidad y por ello llegar a formar claves dicotómicas (como en botánica, entomología, . . .) que conduzcan a los investigadores a conclusiones similares sobre las mismas observaciones, presenta serias dificultades. Entre estas dificultades podríamos mencionar que la posición relativa de detalles relevantes de un medio sedimentario, por ejemplo, no es tan rigurosamente previsible como la de los órganos de los seres vivos. También marca diferencias el hecho de que no suele ser fácil llevar el objeto a la mesa de trabajo y observarlo bajo la lupa, sino que hay que llevar la lupa al objeto y observarlo sólo por un lado.

Redundando en la imposibilidad de abarcar la infinidad de variables, la dificultad de delimitar la importancia de cada una de las tomadas en consideración, potencia las atribuciones del investigador por encima de los “convencionalismos” metodológicos. Tengo el convencimiento de que si en sedimentología o en otras especialidades de las ciencias geológicas se plantease un test entre expertos para que independientemente interpretaran una serie de datos presentados en forma de colecciones idénticas de fotografías, las conclusiones a que llegarían dichos expertos serían idénticas o muy similares, y ese test tendría cierta similitud con un experimento de confirmación/refutación de laboratorio controlado

y reproducible, pero... ¡Ah! No cabe duda que la toma de la foto (el posicionamiento del observador, –permítaseme el doble sentido–) ya puede llevar una dosis de interpretación y probablemente de preconcepciones. En mi permanente ingenuidad, no aprecio connotaciones negativas en “la volubilidad que muestran bastantes de los modelos sedimentológicos” y tiendo a ver en las distintas interpretaciones de un mismo objeto, los resultados honestos de test independientes, que arrancan a partir de hallazgos disonantes (casuales o buscados con avidez) y motivan una recopilación de datos practicada dentro de una infinidad de variables; recopilación siempre limitada, en cantidad y calidad, por las condiciones del terreno. Con estas limitadas pruebas se construye un modelo que soporta una hipótesis. Sobre esta hipótesis hay que acotar, delimitar, yuxtaponer... el modelo y delimitar el alcance de la misma, tal vez antes de someterlas a confirmación/refutación.

Por otra parte, ¿entenderemos que cada nueva interpretación representa un paradigma en su especialidad? Posiblemente tanto los autores como los “seguidores” de la interpretación tienden a ensalzar su resultado, a extender su dominio de aplicación y a descartar las anteriores. En todo caso, a falta de confirmación “experimental” o de cumplimiento generalizado de predicciones en nuevos hallazgos, posiblemente deberían permanecer en calidad de hipótesis (con más o menos argumentos tangibles a su favor) e incitar a visitantes y a nuevos investigadores a abordar el tema “resucitando” el método de las múltiples hipótesis de trabajo (Chamberlin 1890). Puede que esté justificada “*la imagen de estructura desvincijada con poca coherencia entre las partes*”, de Kuhn que menciona el Académico Electo, pero atender a infinidad de variables pone trabas a la coherencia de las distintas interpretaciones.

Thomas Chrouder Chamberlin (1843-1928), geólogo estadounidense, estudió en Michigan, trabajó y dirigió la cartografía geológica de Wisconsin y determinó la sucesión de los múltiples episodios glaciares de América del Norte (su terminología de las etapas glaciares sigue en uso en lo esencial). Fue rector (president) de la Universidad de Wisconsin, fundador de *Journal of Geology* y presidente de la Academia de Ciencias de Chicago. Es corresponsable de la teoría planetesimal de la formación del sistema solar, la Chamberlin–Moulton planetesimal hypothesis. Su “método de las múltiples hipótesis de trabajo” se basa en evaluar simultáneamente varias hipótesis de trabajo, rechazando las que no están de acuerdo con los datos disponibles y ahondar en las que están de acuerdo con los datos, en contra de aferrarse a una teoría en boga que anima a los científicos a conseguir datos que apoyan la misma y a desestimar las que le ponen trabas. El método de Chamberlin actualmente se pone en “la lista de los malos” porque en los últimos años del autor se esgrimió su método argumentando

en contra de la deriva continental (Alvarez Muñoz 2012).

Chamberlin es figura de culto en Wisconsin y autoridad en USA. Mott T. Greene (ver extenso resumen en Ellemberger 1984) le considera creador de la “tercera tectónica global” a partir del desarrollo de la teoría de la acreción planetesimal. –La primera tectónica global, para Greene (1983), es la teoría de Élie de Beaumont; la segunda es la de E. Suess, y la cuarta es la tectónica de placas.

## **S/C**

La audiencia académica y los lectores documentados tienen que apreciar en este tema la profundidad del “estado del arte” que presenta el Nuevo Académico. En este caso tiene tonos de denuncia de irregularidades del punto de vista epistemológico, pero tiene el contenido de una síntesis unificadora de la materia que, con el tono adecuado, sería un manual universal de buenas prácticas con capacidad de llevar a la madurez esta disciplina, que no tendría precedente de inmersión en el análisis de léxico y conceptos contando con la agudeza y profundidad del que J. L. Simón ha presentado aquí.

Del mismo modo, una síntesis del léxico, los conceptos y los matices de interpretación en idearios, escuelas y autores significativos de la epistemología, de la pluma del Nuevo Académico y similar al que ha dedicado al mundo de las zonas de cizalla, sería muy útil y clarificadora.

## **Conclud**

En el caso de la falla de Conclud, tan íntimamente apegada a las buenas artes del Académico Electo, realmente da una lección epistemológica muy interesante, pero los cambios de actitud de la comunidad científica no se deben solo a la reinterpretación de datos del siglo XX (bien sabe el autor las energías que ha invertido en ello). Tampoco ha hecho falta “acabar” con la generación que poseía la base teórica anterior (en alusión a la frase de cariz darwiniano atribuida a Max Planck). Realmente representa un cambio de actitud radical pero merece considerarse como una de estas ocasiones en las que “*la ciencia consigue ser eficaz y fértil en sus aportaciones al conocimiento puro y aplicado, que es en la medida en que avanza con sensatez en las épocas de ciencia normal*”. Hay que reconocer que ha sido necesario introducir técnicas conceptuales e instrumentales novedosas, pero se puede pensar que éstas, en sí mismas no constituyen una revolución científica en el sentido de Kuhn. Me atrevo a decir que el aspecto más “paradigmático” de este caso es

el modo en que ha calado fuera del ámbito estrictamente científico y las consecuencias sociales que de ello se derivan.

## Megacapas

Y ¿qué decir de las megacapas de la cuenca turbidítica de Jaca? Sin duda muchos geólogos conocían algún aspecto local (puntual) de las mismas. Unos las verían como “anomalía inexplicable” y optaron por ignorarlas. Otros tendrían múltiples hipótesis (restos de formaciones superficiales cementadas, bloques erráticos, cañones submarinos, materiales transportados por témpanos en la superficie del mar o ejecta de impacto meteorítico. . .), todo carente de fundamento sólido y susceptible de inmersión en el ridículo, con lo cual me parece muy improbable que, por el método estrictamente hipotético-deductivo, se pudiese llegar a una hipótesis suficientemente atrayente; máxime en una tierra que tiene arraigada la idea de que *la fantasía abandonada de la razón produce monstruos imposibles*, según una de las versiones de la famosa frase del fuendetodino universal. Era imprescindible llegar a una visión de conjunto de la cuenca turbidítica, o al menos de una parte significativa de la misma, basada en cartografía detallada capaz de correlacionar aspectos puntuales, que no llega hasta los años 60 (Rupke 1969) con la popularización del uso de la fotografía aérea y con el despertar de la exploración petrolera. Posiblemente la escasez de medios fue mucho más decisiva que la “ceguera doctrinal” y, a mi entender, aquí no se trataba tanto de obstáculos epistemológicos, sino más bien tecnológicos. No. No podemos reprochar a Lucas Mallada que en su *Descripción Física y Geológica de la Provincia de Huesca* no diera detalles de las megacapas (Mallada 1878). Tampoco podemos atribuirlo al efecto Sepher Zoohâr. El problema de las megacapas solo podía conocerse bien y resolverse (?) *con técnicas conceptuales e instrumentales vecinas a las ya existentes* diríamos en palabras de Kuhn oportunamente mencionadas por Simón (2020) en el apartado de paleoesfuerzos.

Cierto paralelismo con las megacapas me parece ver en relación con los paleocanales de Caspe: sin duda se conocían niveles de areniscas que resaltan entre limolitas del Bajo Aragón, pero su significado de relleno de cauces fluviales meandriformes exhumados no se supo leer con ojos científicos y explicar su significado hasta que se dispuso de fotografía aérea con visión estereoscópica (Riba *et al.* 1967).

Y volviendo a la Cuenca Turbidítica de Jaca, también llama poderosamente la atención que un icnofósil de las turbiditas normales, *Estrellichnus jacaensis* UCHMAN y WETZEL, no aparezca en páginas impresas para la ciencia hasta el s XXI (Uchman

y Wetzel 2001, Adserá *et al.* 2019). Se puede objetar que es un objeto menos voluminoso que las megacapas, pero en realidad es más fácil notar su presencia al estar repetida y ostentadamente expuesto en el empedrado de calles y aceras en Jaca, Siresa, Gavín... Y, por supuesto, también en el Museo de la Universidad de Zaragoza, donde está expuesto el holotipo.

¡Ah! El efecto Sepher Zoohâr ocurre cuando una trama teórica es capaz de inducir ceguera selectiva frente a datos que contradicen o no se alinean con esa teoría. “*El Sepher Zoohâr es un libro de la cábala conocido como libro luminoso, llamado así porque es imposible comprender nada de él, hasta tal punto la claridad que expande deslumbra los ojos del entendimiento*” (Potocki 1970, p. 188).

— — — —

En relación con mi fugaz incursión en textos, y sobre todo en recortes sacados de contexto, referentes a epistemología, en su mayoría dejándome guiar por el discurso del Nuevo Académico, confieso que me admira y abrumba el volumen de material bibliográfico dedicado a tales temas y la diversidad de fuentes escudriñadas por los pensadores. Tal vez voy camino del catecumenado en epistemología, pero me saltan dudas vocacionales y a menudo me invade cierto desánimo, como si me acercara a un torreón con magníficas vistas pero de muy difícil acceso (fuera de horario, sin la acreditación adecuada. . .). Juzgo que el resultado de mi incursión en los temas de la epistemología me ha dejado una imagen parecida a la que tendría de la panorámica del torreón si desde una de las aspilleras de la planta baja hubiera sacado una foto de una esquina de uno de los paneles que hablan de las opciones que ofrece la panorámica de arriba. Después, ampliando el contraste de la parte de la foto que no es solo marco de la aspillera veo que me han quedado medias frases del panel. Se me ha quedado que . . .

- (I) Hay cierta reiteración en lo referente a que en investigación y didáctica hay que desbancar métodos antiguos y obsoletos como si hubiera que renunciar a casi todo lo conseguido.
- (II) Los métodos hipotético-deductivos son más atractivos que los empírico-inductivos pero no aprecio con suficiente claridad los límites entre ellos ni, si es el caso, la proporción en que entra en juego cada uno de ellos.
- (III) Todo conocimiento depende del marco social e histórico porque no podemos tener una percepción del mundo ajena a nuestros intereses y valores.

(IV) La epistemología tiene más recursos para poner de manifiesto los errores del pasado que para concretar actuaciones de futuro.

(V) La diversidad de posicionamientos de los pensadores de la epistemología inducen a imaginar un cierto (¿casi?) “todo vale” con tal de que se acompañe de una buena explicación.

(–Perdón. Espero que en estas dos últimas apreciaciones no sea demasiado evidente mi cariz reaccionario y simplista que ya había mencionado más arriba–).

Aún me queda, antes de acabar con mis elucubraciones, dedicar unas líneas a re-funfunar en torno a la objetividad del conocimiento: *Un conocimiento situado llega a ser más objetivo que un conocimiento supuestamente neutral* (Magallón 1998 citado en Simón 2020) me parece un tema inagotable que nos acerca a metafísica o, por lo menos, a las discusiones bizantinas. Pongamos por ejemplo: ¿Vale la pena investigar en qué términos la aplicación del artículo 155 ha influido en los resultados del análisis de paleoesfuerzos?

Mis elucubraciones van en el sentido de que cuando un investigador decide compartir los resultados de su trabajo (mejor excluir aquí las memorias de resultados para justificar la buena ejecución de un proyecto) tiende a hacerlo de forma que otro científico con una formación parecida, entienda escrupulosamente los resultados y la forma de llegar hasta ellos, independientemente de quién gobierne o de lo que pueda significar en la cuantía de su pensión. Si hay reservas en razón de patentes o intereses empresariales, la comunicación científica pasa a ser publicidad más o menos encubierta, pero puede seguir teniendo un indiscutible valor como incentivo para otras investigaciones para descubrir el procedimiento de llegar a los mismos resultados con más ganancias y salvar las trabas legales en forma de las patentes u otros privilegios particulares.

Me parece indiscutible que la mayor incidencia sobre la apreciación de la objetividad científica surge a consecuencia de la forma de comunicar, traducir, transmitir, interpretar, divulgar, reinterpretar, y valorar la trascendencia de los resultados desde la oscilante perspectiva de la historia y los múltiples puntos de vista de la epistemología.

Entre mis “fijaciones” (o tal vez “manías”) relacionadas con ese tema figura, como en la mente de toda la comunidad científica, el gran tópico de la teoría de la deriva continental: la teoría de Wegener es uno de los estandartes que más ondean en el ámbito de las teorías hipotético-deductivas y representan la demostración más absoluta de su capacidad de deducción y anticipación de la verdad científica sobre el que se ha construido un auténtico fenómeno mediático. La indiscutible genialidad de

Alfred Wegener está en recopilar y dar crédito a los argumentos geológicos en los que basó su teoría, pero la deriva continental es falsa. Lo demostraron los argumentos de los geofísicos (p. ej. Jeffreys 1923) y lo sostienen los análisis gneoseológicos (Álvarez Muñoz 2015). Cabe preguntarse si en caso de haber puesto más énfasis en los argumentos geológicos y paleoclimáticos, en vez de incitar al rechazo de los geofísicos, se podrían haber dirigido más esfuerzos (además de los suyos propios, que acabaron con su vida en su expedición de Groenlandia de 1930) a recopilar pruebas con las que doblegar la intransigencia de los geofísicos. También es falso que la comunidad científica rechazase la teoría de Wegener “de plano”, y como muestra significativa de la época de expectación y confusión sobre las teorías orogénicas del primer tercio del s XX, la breve alusión del libro de San Miguel de la Cámara y Ferrando Mas (este último, académico de la RACZ), en la que vienen a decir que “*solo las teorías de los movimientos de la corteza terrestre producidos por la tendencia de la Tierra a adquirir y conservar su figura de equilibrio y la de las traslaciones [de las masas continentales] tienen alguna probabilidad y cuentan con algunos partidarios*”.

En el segundo tercio del s XX –en realidad en la segunda mitad del segundo tercio, porque en la primera el ambiente bélico eclipsa casi todo– se van superando las limitaciones conceptuales e instrumentales y afloran nuevos conocimientos de los fondos oceánicos y los científicos tienen que mirar con otros ojos los mismos argumentos que Wegener y buscarles otras explicaciones. Parece evidente que para ello hubo que vencer también el rechazo del mundo anglosajón por lo germanófilo y las nuevas aportaciones significativas llegaron a la corriente científica “manu militari” (entiéndase solo en sentido más literal: Harry Hammon Hess –1906-1969– alcanzó el grado de contralmirante pero hizo sus primeras presentaciones de la teoría de la expansión oceánica con actitud tímida y humilde). La presencia de militares de alto rango en la investigación digamos que básica debió tener su importancia en la gestión de fondos para investigación (Antes he mencionado al general Eisenhower al frente de la Universidad de Columbia. . .). Los primeros resultados de los geofísicos británicos referentes a las anomalías magnéticas del fondo oceánico, que venían en apoyo de la teoría de Hess no podían pasar desapercibidas. John Tuzo Wilson (1908-1993) también fue militar de alta graduación (coronel condecorado) y probablemente su mera presencia daba crédito a los proyectos pioneros de perforación del fondo oceánico. Wilson, canadiense de mentalidad muy abierta, además de sus propias aportaciones (p. ej. las fallas transformantes), contribuyó al reconocimiento de lo más valioso de Wegener. Numerosos investigadores hicieron grandes aportaciones “precursoras” que en seguida se integraron en los esquemas globales de la tectónica de placas, pero tengo la impresión que, al menos a nivel de divulgación y de ensayos

epistemológicos, sus nombres permanecen en el banquillo. Se me ocurre mencionar a Felix Andries Vening-Meinesz (1887-1966), que iba en el mismo barco que Hess (–bueno, en realidad en el mismo submarino, el USS–S48) en una campaña de medición de anomalías gravimétricas de 1932, tras los éxitos de las anteriores campañas en barcos y submarinos holandeses (Vening-Meinesz 1932) con el instrumento de su invención. También se puede hacer alusión a Hugo Benioff (1899-1968), inventor de un sismógrafo, recopiló y revisó los cálculos de localización de innumerables focos sísmicos, información decisiva en la definición de los límites de placas. Particularmente sus cálculos de profundidad demostrando que en los márgenes del Pacífico los focos sísmicos se localizan sobre planos inclinados (planos de Benioff) que al despuntar la tectónica de placas fueron inmediatamente asumidos como bordes de subducción. Más tarde llegó el reconocimiento de que Kiyoo Wadati (1902-1995) ya había demostrado en 1928 en Japón que la profundidad del foco era mayor en los terremotos distantes del lado del continente con lo que su nombre se incorporó a los planos de los planos de Wadati-Benioff.

Me parece importante dar más vueltas (refunfuñar un poco más) en torno a la idea de que “todo conocimiento está enmarcado en una situación social e histórica: un conocimiento situado llega a ser más objetivo que un conocimiento supuestamente neutral” (Magallón 1998 citado en Simón 2020). En esas vueltas voy asumiendo que, desde el punto de vista de la epistemología, la ciencia no es lo que hacen los científicos. Ciencia es la suma de política científica, respuesta a incentivos económicos (the smell of brussels), desarrollo tecnológico, negocio, secretismo, prestigio, notoriedad, moda, inteligencia emocional, estilos artísticos, prejuicios, tradiciones, pasiones, resentimientos, obsesiones, fanatismos, etc., y todo ello oscilando entre distintos niveles de virtudes y vicios humanos, y en todos estos aspectos caben dosis de subjetivismo. Pese a todo quiero pensar que los resultados del trabajo de los científicos y la comunicación de los mismos se acerca a ser ejemplo de objetividad entre las actividades humanas, ya sea desde su génesis o de sus rectificaciones.

A propósito de prejuicios, recientemente he leído (Wikipedia) que el propio Einstein hizo notorios desplantes a Lamaître (Georges Henry Joseph Édouard Lamaitre, sacerdote belga 1894-1966) por considerar que su hipótesis del átomo primigenio inducía a ideas religiosas de la creación. Posteriormente a Lamaître se le reconoció su aportación a la teoría del Big Bang y la primera estimación del corrimiento al rojo (constante de Hubble), por lo que añade su nombre a la ley que rige su valor (ley de Hubble-Lamaître).

Habiendo acompañado hasta el final al Nuevo Académico en su discurso, me da tranquilidad volver al principio para seguir dándole vueltas a la idea de que «las controversias entre racionalismo e inductivismo, entre falsacionismo y verificacionismo, y entre todos los “-ismos” que han nutrido la filosofía de la ciencia, han ocupado muchas mentes brillantes durante siglos pero no obligan a nadie a involucrarse en ellas» (Simón 2020, p.3) y puedo desinhibirme para decir que en ocasiones, señalando con el dedo y asegurándome de que alguien viera algo más que el dedo, he aportado algo a la ciencia, pero no deseo, bajo ningún concepto, que mi aportación se compare con el bagaje holístico que, como hemos podido entrever, mueve José Luis Simón Gomez, que es natural, de Cobatillas (Teruel), entre otros muchos, muchos méritos. . .

Sinceras felicitaciones a la Academia por el nuevo ingreso y una bienvenida intensamente emocional al Nuevo Académico.

Andrés Pocoví Juan

Mayo de 2020

## **Bibliografía**

- Adserá P., Z. Berústegui, A. Uchman, 2019. *Estrellichnus jacaensis* from the Eocene Jaca Basin of NE Spain: new locality and new ethological interpretation. *Lethaia*. 10.1111/let.12346.
- Ager D., 1995. *The New Catastrophism: The importance of the rare event in geological history*. Cambridge University Press. Cambridge, 231 p.
- Alcalá L., J. P. Calvo, J. L. Simón, 2018. *Geología de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel, 241 p.
- Alcalá L., J. L. Simón, 2018. Geología en Teruel. En: *Geología de Teruel* (L. Alcalá, J. P. Calvo, J. L. Simón, coords.). Instituto de Estudios Turolenses. Teruel: 173-175.
- Álvarez Muñoz E., 2012. Epistemología y gnoseología de la deriva continental, sobre la su aceptación y su rechazo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20 (1): 64-78.
- Anguita F., 2002. Adiós a la astenosfera. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2: 134-143. <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/88909/132945>
- Arlegui L. E., 1996. *Diaclasas, fallas y campos de esfuerzos en el sector central de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Arlegui L. E., J. L. Simón, R. J. Lisle, T. Orife, 2005. Late Pliocene-Pleistocene stress field in the Teruel and Jiloca grabens (eastern Spain): contribution of a new method of stress inversion. *Journal of Structural Geology*, 27: 693-705.

- Aurell M., A. González, A. Pérez, J. Guimerà, A. Casas, R. Salas, 1993. The Azuara structure (Spain): new insights from geophysical and geological investigations. Discussion. *Geologische Rundschau*, 82: 750-755.
- Calder N., 1985. *¡Qué viene el cometa!* Biblioteca Científica Salvat, 10. Salvat Ediciones, S. A. Barcelona, 206 p. [ISBN:84-345-8375-5]. [https://issuu.com/drwho1967/docs/que\\_viene\\_el\\_cometa\\_n\\_calder\\_biblio](https://issuu.com/drwho1967/docs/que_viene_el_cometa_n_calder_biblio)
- Casas A. M., 1990. *El frente norte de las Sierras de Cameros. Estructuras cabalgantes y campo de esfuerzos*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Zubía monografías, 4 (1992), 220 p.
- Casas A. M., J. L. Simón, 1992. Stress field and kinematics: a model for the tectonic inversión of the Cameros Massif (Spain), *Journal of Structural Geology*, 14: 521-530.
- Casas, A. M., J. L. Simón, F. J. Serón, 1992. Stress Deflection in a Tectonic Compressional Field: A Model for the North-Western Iberian Chain (Spain). *Journal of Geophysical Research*, 97, 7183-7192.
- Chamberlin T. C. 1890. The method of multiple working hypotheses, *Science*, 15: 92-96. <http://arti.vub.ac.be/cursus/2005-2006/mwo/chamberlin1890science.pdf>
- Cortés A. L., A. M. Casas, 1996. Deformación alpina de zócalo y cobertera en el borde norte de la Cordillera Ibérica (Cubeta de Azuara-Sierra de Herrera). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 9: 51-66.
- Cortés A. L., E. Díaz Martínez, E. Sanz Rubio, J. Martínez Frías, C. Fernández, 2002. Cosmic impact versus terrestrial origin of the Azuar structure (Spain): a review. *Meteoritics & Planetary Science*, 37: 875-894.
- Crespo Blanc A., L. Alcalá, L. Carcavilla, J. L. Simón, 2011. Geología: origen, presente y futuro. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1): 95-103.
- Darder Pericàs B., 1926 y 1928 Contribución al estudio del descubrimiento de las aguas subterráneas por medio de la varita de los zahoríes. *Revista Ibérica*, 24 y 26.
- Darder Pericàs B., [1998]. *Història de la coneixença geològica de l'Illa de Mallorca. Biblioteca Les Illes d'Or, 28, Palma de Mallorca, 1947*. Edición facsímil en: Quaderns d'Historia de la Ciència. X Simposio de la Enseñanza de la Geología, U. I. B., Palma de Mallorca, 98 p.
- Díaz-Marínez E., 2004. Registro geológico de eventos de impacto meteorítico en España: revisión del conocimiento actual y perspectivas de futuro. *Journal of Iberian Geology*, 31: 65-84.
- Ellenberger F., 1984. Histoire des idées sur les chaînes de montagnes de Hutton a Wegener: présentation d'un ouvrage récent, avec commentaire critique. *Travaux du Comité Français d'Histoire de la Géologie (2<sup>e</sup>)* T.2. [www.annales.org/archives/cofrhigeo/chaines-de-montagnes.html](http://www.annales.org/archives/cofrhigeo/chaines-de-montagnes.html)
- Ernstson K., W. Hamann, J. Fiebag, G. Graup, 1985. Evidence of an impact origin for the Azuara structure (Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 74: 361-370.
- Ernstson K., F. Claudín, U. Schusler, H. Hradil, 2002. The mid-Tertiary Azuara and Rubielos de la Cérda paired impact structure (Spain). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 11: 5-65.
- Ernstson K., J. Fiebag, 1992. The Azuara impact structure (Spain): new insights from geophysical and geological investigations. *Geologische Rundschau*, 81 (12): 403-427.

- Ernstson K., F. Claudín, 2007. *Ernstson Claudin estructuras de impacto*. En la red. [Consulta 12/05/2020]. <https://web.archive.org/web/20110503123129/http://www.estructuras-de-impacto.impact-structures.com/spain/azuara.htm>
- Greene M. T., 1983. *Geology of the Nineteenth Century – Changing Views of a Changing World*. Cornell History of Science. Cornell University Press. Ithaca, 324 p. [ISBN: 0-8014-1467-9] <https://muse.jhu.edu/book/48911>
- Harrar G., 1974. *Prontuario de radiestesias*. Segunda edición. Colección Más y Mejor. Editorial Zeus. Barcelona, 238 p. [ISBN: 84-318-0370-3]
- Hyman R., (2003). The Mischief-Making of Ideomotor Action. *The Scientific Review of Alternative Medicine* (1999), 3 (2). En: How People are Fooled by Ideomotor Action. En: Quackwatch. Your Guide to Quackery, Health Fraud, and Intelligent Decisions. <https://quackwatch.org/related/ideomotor/>
- Jahn M. E., 1963. Dr. Beringer and the Würzburg «Lügensteine». *Journal of the Society for the Bibliography of Natural History*, 4: 138-149. <https://www.eupublishing.com/doi/pdfplus/10.3366/jsbnh.1963.4.2.138>
- Jeffreys H., 1923. Hypothesis of continental drift. *Nature*, 111 (2789): 495-496.
- Liesa C. L., 2000. *Fracturación y campos de esfuerzos compresivos en la Cordillera Ibérica y el NE peninsular*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Liesa C. L., J. L. Simón, 2009. Evolution of intraplate stress fields under multiple remote compressions: The case of the Iberian Chain (NE Spain). *Tectonophysics*, 474, 144-159.
- Mallada L., 1878. *Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España, 15. Madrid, 439 p.
- Martínez Peña M. B., 1991. *La estructura del límite occidental de la Unidad Surpirenaica Central*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Serie investigación Científica (1992). 380 p. [ISBN: 84-86856-80-9]
- Martínez Peña M. B., A. Casas, H. Millán, 1995. Paleostress associated with thrust sheet emplacement and related folding in the southern central Pyrenees. Huesca, Spain. *Journal of the Geological Society*, 152: 353-364.
- Muntaner Darder A., 1969. Batolomé Darder y Pericàs. Nota biográfica. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 15: 5-11
- MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA <http://patrimoniocultural.unizar.es/node/2753> N<sup>o</sup> de inventario MPZ 98/477 HOLOTIPO <http://museonat.unizar.es/>
- Navarro Juli J. J., 1987. *Estructura del Somontano de Barbastro* – Monografía de Proyecto. Instituto de Estudios Altoaragoneses, 100 p.
- Potocki J. (1970). *Manuscrito encontrado en Zaragoza*. Alianza Editorial S. A, Madrid: 399 p. [ISBN: 978-84-9104-228-0]

- Riba O., J. Villena, J. Quirantes, 1967. Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona Caspe-Chiprana. *Anales de Edafología y Agrobiología. C.S.I.C.*, 26 (1-4) : 617-634.
- Ribera y Faig E., 1988. Historia del interés anglosajón por la geología de España. *Estudios sobre Ciencias*, 3. C. S. I. C., Madrid, 523 p.
- Rupke N. A., 1969. Aspects of bed thickness in some Eocene turbidite series. Spanish Pyrenees. *The Journal of Geology*, 77:482-484.
- Sánchez Cela V., 1997. La estructura circular de Azuara (Zaragoza). Origen endógeno versus impacto. *Boletín Geológico y Minero*, 108: 121-128.
- San Miguel de la Cámara M., P. Ferrando Mas, 1928. *Manual de Geología (2ª Edición)*. Manuel Marín Editor. Barcelona, 526 p.
- Santanach P. 2013. Primer estudi tectònic a Catalunya: l'estructura de la Serralada Prelitoral per Domingo Palet y Barba. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 19: 13-47.
- Sequeiros San Román L., 2012. Aniversarios en Ciencias: algunas orientaciones para su uso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20 (1) : 96-104.
- Simón J. L., 1979. *Modelo evolutivo de la tectogénesis Alpina en la región del Guadalope, entre Aliaga y Calanda (Teruel)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid, 180 p.
- Simón J. L., 1982. *Compresión y distensión alpinas en la Cordillera Ibérica oriental*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Instituto de Estudios Turolenses (1984) Teruel, 269 p.
- Simón J. L., 2005. *Geología 05 - Geología*. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel, 4 p.
- Simón J. L., 2020. *Investigar en geología: debilidades y grandezas de una tarea humana*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas. Químicas y Naturales de Zaragoza. 66 p.
- Simón J. L., coord., 1998. *Guía del Parque Geológico de Aliaga*. Ayuntamiento de Aliaga, Centro para el Desarrollo del Maestrazgo de Teruel y Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza. 155 p. [ISBN: 84-600-9504-5]
- Simón J. L., M. A. Soriano, L. E. Arlegui, J. Caballero, 1998. *Estudio de riesgos de hundimientos kársticos en el corredor de la carretera de Logroño*. Ayuntamiento de Zaragoza. 77 pp. + 11 mapas. <https://www.zaragoza.es/contenidos/urbanismo/pgouz/memoria/anejos/anejo03/anejo032.pdf>
- Simón J. L., M. J. Casas, M. A. Viñas, A. Alcaine, 2001. *Uli Toucasia. Historia del mar que se fue*. Centro para el Desarrollo del Maestrazgo de Teruel. 14 p.
- Simón J. L., C. Gonzalvo, B. Martínez, L. E. Arlegui, 2003. *Exploramos el Parque Geológico de Aliaga. Una propuesta didáctica para vivir la Geología sobre el terreno* (CD multimedia + 4 cuadernos de trabajo de campo + guía del profesor). Centro de Desarrollo del Maestrazgo de Teruel y Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza [ISBN:84-600-9862-1]
- Simón J. S., M. A. Soriano, A. Pocoví, L. E. Arlegui, A. M. Casas, C. L. Liesa, M. A. Luzón, A. Pérez, O. Pueyo, E. Pueyo, T. Mochales, F. J. Gracia, D. Ansón, 2009. Riesgo de subsidencia kárstica en áreas urbanas: el caso de Zaragoza. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17 (3): 303-315.
- Soriano M. A., J. L. Simón, 2002. Subsidence rates and urban damages in alluvial dolines of the central Ebro basin (NE Spain). *Environmental Geology*, 42: 476-484

- Uchman A., 2001. Eocene flysh trace fossils from the Hecho Group of the Pyrenees, northern Spain. *Beringeria*, 28: 3-41.
- Uchman A., A. Wetzel, 2001. Estrellichnus jacaensis nov. igen., nov. isp. – a large radial trace fossil from the Eocene flysh (Hecho Group, northern Spain). *Geobios*, 3483: 357-361.
- Vening-Meinnessz F. A., 1932. *Gravity expeditions at sea 1923-1930. Vol 1.- The expedition, the computations and the results*. Commssie voor Geodesie 3. Delft, 109 p. [ISBN: 90 6132 003 8] <https://ncgeo.nl/downloads/03VeningMeinessz.pdf>
- WIKIPEDIA FOUNDATION INC. 2019 a. Hombre de Piltdown. Creative Commons [Consulta: 18/04/2020]. [https://es.wikipedia.org/wiki/Hombre\\_de\\_Piltdown](https://es.wikipedia.org/wiki/Hombre_de_Piltdown)
- WIKIPEDIA FOUNDATION INC., 2019 b. Estructura de impacto de Azuara. [Consulta: 12/05/2020]. [https://es.wikipedia.org/wiki/Estructura\\_de\\_impacto\\_de\\_Azuara](https://es.wikipedia.org/wiki/Estructura_de_impacto_de_Azuara)
- WIWIPEDIA FOUNDATION INC., 2019 c. Wikiward.- List of possible impact structures on Earth [Consulta:15/05/2020]. [https://www.wikiwand.com/en/List\\_of\\_possible\\_impact\\_structures\\_on\\_Earth](https://www.wikiwand.com/en/List_of_possible_impact_structures_on_Earth)
- WIWIPEDIA FOUNDATION INC., 2020. List of impact craters on Earth. [Consulta: 16/05/2020] [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_impact\\_craters\\_on\\_Earth](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_impact_craters_on_Earth)

