

K/T muga Euskokantauriar Arroan

*E. Apellaniz*¹

*X. Orue-Etxebarria*¹

*J.I. Baceta*²

¹ Estratigrafía eta Paleontología Sailsa,
Zientzi Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea,
644 P.K., 48080 BILBO

² Geologia Sailsa,
Zientzia Experimentaletako Fakultatea,
Huelvako Unibertsitatea,
La Rabida, E-21819 HUELVA

Laburpena: Kretazeo eta Tertziarioaren arteko mugan gertatu zen suntsipen masiboak Lurreko espezieen hiru laurden baino gehiago desagertarazi zuen eta gaur egun zientzia-eremu ezberdinetako zientzialarien interesa suspertzen du; haien artean paleontologoak, geokimikoak, astrofisikoak eta abarrak. Ikertzaileok, Biziazen historiaren gain Lur planetaren eboluzioaz arduratzen dira. Euskokantauriar Arroan K/T muga ebaki anitzetan gorde da, Kretazeoaren amaierako krisiari buruzko ikerketak garatzeko leku aparta izanik.

SARRERA

Lur planetaren baitan garaturiko Biziazen historia etenik gabeko aldatetz markatuta dago, espezieen suntsipenek eta espezie berrien agerpenek dakartzatenak. Gaur egun oro har onarturik dagoen adierazpen hau, zientziazen historian berri samarra da, XVIII. mendearen amaiera izan baitzen sendoki argudiatu zenean. Orduan, Georges Cuvier (1769-1832) naturalista frantziarrak, suntsipen kontzeptua enuntziatu zuen, aldi berean, Paleontologia zientifikoaren oinarriak finkatuz [1]. Anatomia Konparatzailean eta Paleontologian aditua zen Cuvierrek, Paris Arroko aztarnategi aberatsak ikertu zituen eta hango segida geologikoak deskribatu zituen. Horrela, Biziazen historiaren ezagueran aurreratzea ahalbidetu zuen. Paris Arroan egindako behaketak zirela medio, Cuvierrek Lurraren historian hainbat hondamen edo katastrofe gertatu direla ondorioztatu zuen, organismoen suntsipen bortitzak eraginbide zituztenak.

Cuvier eta garaikideak izan ziren beste zenbait naturalistaren katastrofismo zientifikoaren aurrean, sir Charles Lyell (1797-1875) geologoak uniformitarismo zorrotz eta gradualaren alde egin zuen. Lyell, *Principles*

of *Geology* liburu garrantzitsuarekin, izugarrizko eragina izan zuen bere garaiko zientzi gizonen pentsamoldeetan. Eragin honek gaur egun arte iraun duen duelarik egungo geologo eta naturalisten heziketa baldintzatu du. Hauek, teoria katastrofisten aurrean tukutsuak azaltzen dira eta gradualistagoak diren teorien aldeko jarrerak azaltzen dituzte Lurraren historian gertaturiko aldaketak interpretatzerakoan. Hala ere, laurogeigarreneko hamarkadatik aurrera, ideia neokatastrofisten berpiztea suertatzen ari da [2], batez ere, Kretazeo/Tertziario trantsizioan jazo zen krisialdi biologiko eta ekologikoarekin erlazionatuta.

Espezieen suntsipenei dagokienean, Fossil-erregistroaren azterketa egin ondoren bi mota bereizten ditugu. Bata italikaz, hots, denboran zehar bizidun guztiei, azarean eta tasa ia konstantez eragiten diena, eta bigarrena italikaz, hau da, taxon ugari aldi berean eta, denbora geologikoaren eskalan, bat-batean erasotzen diena. Azken suntsipen mota hau, jadanik XIX. mendeko geologoek mundu mailan identifika zezaketen, denbora geologikoaren une jakin batzuekin erlazionaturik. Horrela, ez da harrizkoa suntsipen masiboak eta eskala geologikoaren muga nagusiak bat etortzea.

Gaur egun zientzialarien arteko adostasunik ez dago Fanerozoikoan zehar gertatu diren suntsipen masiboei buruz. JABLONSKI-ren arabera [3], bost suntsipen nagusi bereiz daitezke, Goi Ordoviziarrean, Goi Devoniarrean, Permiar goiengan (duda barik, ezagutzen den suntsipen garrantzitsuena), Triasiko/Jurasiko mugan eta Kretazeo goiengan eta garrantzi txikiagoko beste lau, Pliensbachiarran, Jurasiko goiengan, Zenomariar/Turoniar mugan eta Eozeno/Oligozeno mugan (1 irudia).

Suntsipenak	Adina ($\times 10^6$ urte)	Generoak (%)	Espezieak (%)
Eozenoa/Oligozenoa	34,5	15	35 \pm 8
Kretazeo goiena	65,0	47	76 \pm 5
Zenomariarra/Turoniarra	90,4	26	53 \pm 7
Jurasiko goiena	145,6	21	45 \pm 7,5
Pliensbachiarra	187,0	26	53 \pm 7
Triasikoa/Jurasikoa	208,0	47	76 \pm 5
Permiar goiena	245,0	84	96 \pm 2
Goi Devoniarra	367,0	55	82 \pm 3,5
Goi Ordoviziarra	439,0	61	85 \pm 3

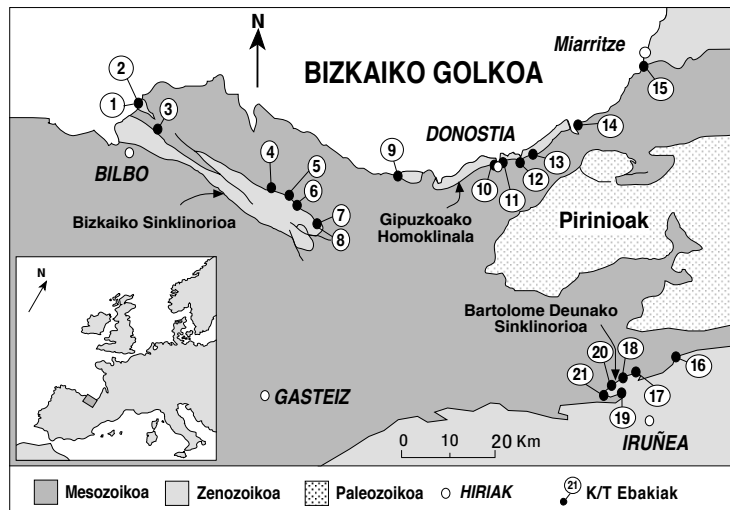
1. irudia. Fanerozoikoan zeharreko suntsipen nagusiak JABLONSKI-ren arabera [3], eraldatua.

Bere aldetik, BENTON-ek [4], itsas zein kontinente-inguruneko mikrobio, alga, protisto, landare eta animalien fosil-erregistroa aztertu ondoren, beste bi gehiago bereiztu ditu, Behe Kanbriarrean eta Behe Triasikoan.

Paleontologoaren interesa gehien suspertu duten masa-suntsipenen artean, Kretazeo eta Paleozenoaren arteko mugan gertatutakoa dago, une hartan desagertu baitziren kontinenteko dinosaurusak eta beste animalia eta landare ugari, eta ozeanoetako amonite, narrasti itsastar gehienak, foraminifero planktonikoen espezie asko eta beste hainbat organismo. Momentu garrantzitsu horri, K/T muga deritza literatura zientifikoan (Kreide= Kretazeoa alemaneraz eta Tertziario terminoengatik).

KRETAZEO/TERTZIARIO TRANTSIZIOA ESKUALDE EUSKOKANTAURIAREAN

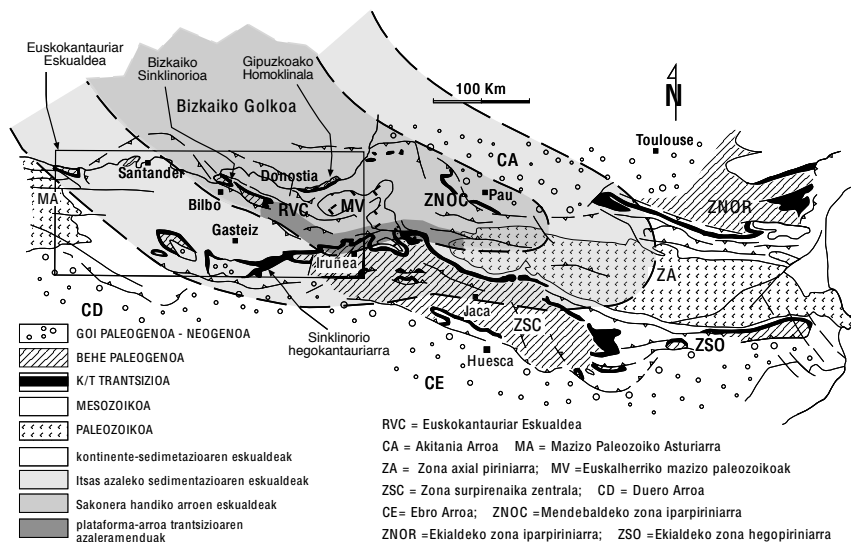
K/T muga, Euskokantauriar Arroko **hiru azaleramendu-multzo** nagusitan bil daitezkeen anitz ebakitan gorde da: **Bizkaiko Sinklinorioan**, **Gipuzkoako Homoklinalean** eta **Irurtzun** inguruan dauden **Tertziarioko sinklinaletan**. Halaber, zenbait azaleramendu ezagutzen dira Akitaniako hegoaldean ere, haien artean ezagunena **Bidartekoa** izanik (2. irudia).



2. irudia. K/T muga gordetzen duten Euskokantauriar Arroko zenbait ebaki: 1: Sopelana I; 2: Sopelana III; 3: Leioa; 4: Urrutxua; 5: Trabakua; 6: Berano; 7: Urko Mendia I; 8: Urko Mendia II; 9: Zumaia; 10: Donostia; 11: Herrera; 12: Pasaia; 13: Lezo; 14: Hendaia; 15: Bidart; 16: Egozkue; 17: Gaskue; 18: Eguaras; 19: Markalain; 20: Beorburu; 21: Osinaga (APELLANIZ) [5].

Ikuspegi paleogeografikotik, Euskokantauriar Eskualdeko K/T muga bere baitan duten ebaki guztiak sakonera handiko arro batean eratu zirela uste da, 1.500 eta 2.000 m arteko sakonera hain zuzen ere [6]. Arro sakon hauetako sedimentazioa pelagikoa edota hemipelagikoa zen eta zenbait ebakitan metakin turbiditiko diluituak tartekaturik ager daitezke.

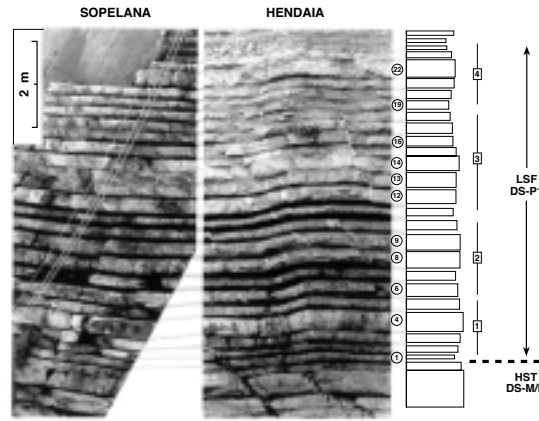
Arroa inguratuz, Ipar, Hego eta Ekialdetatik, karbonatozko plataforma zabalak garatu ziren sakonera txikiko guneetan. Orain arte ez da aurkitu eremu hauetan K/T muga osorik duen ebakirik. Egoera hau, itsas maila baxuko aldi batekin erlazionatu da [6] (3. irudia).



3. irudia. K/T mugako azaleramenduak, eta garai hartako sedimentazio-ingurune bakanaketa, Piriniar eskualdean (BACETA) [6].

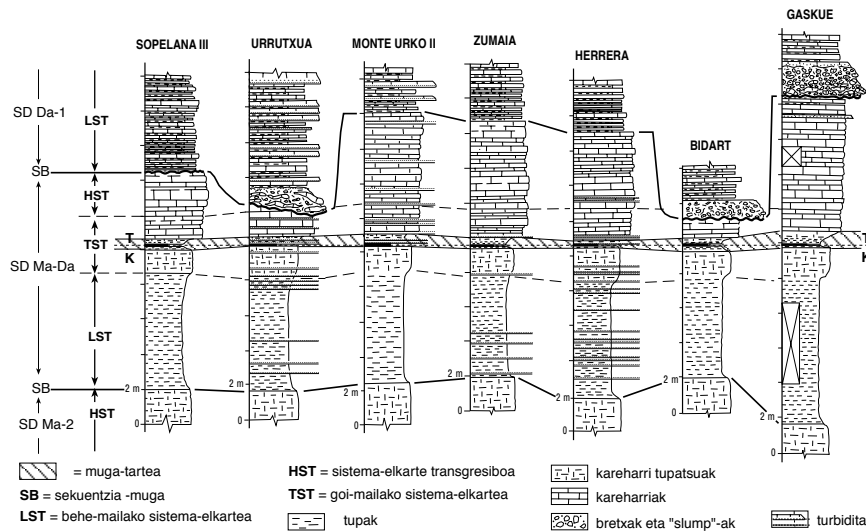
Arroaren hondoan nagusitu zen sedimentazioarekin bat etorritik, K/T trantsizioaren estratigrafia oso antzekoa izaten da ia ebaki guztietan, eta hortaz, beraien arteko korrelazioa xehetasun handikoa suertatzen da (4. irudia).

Euskokantauriar eskualdean, K/T muga barne duen segida, sekuentzien estratigrafiaren ikuspegitik aztertu da berriki. Honela, BACETAK [6] eta PUJALTE *et al*-ek [7] K/T trantsizioko materialak, Kretazeoaren azken metroak eta Tertziarioaren lehenak biltzen dituen sekuentzia deposizional batekoak direla uste dute. Sekuentzia honetako behe-muga, K/T muga azpitik 8-10 m-tara kokaturik dagoena, bat dator karbonatoaren edukiaren bat-bateko jaitsierak markazten duen aldaketa litologikoarekin. Bestalde, sekuentziaren goiko muga K/T-rekiko distantzia ezberdi-



4. irudia. Daniarreko kareharrien arteko korrelazioa SOPELANA I eta HENDAIAko ebakien artean (PUJALTE *et al.*-ek) [8].

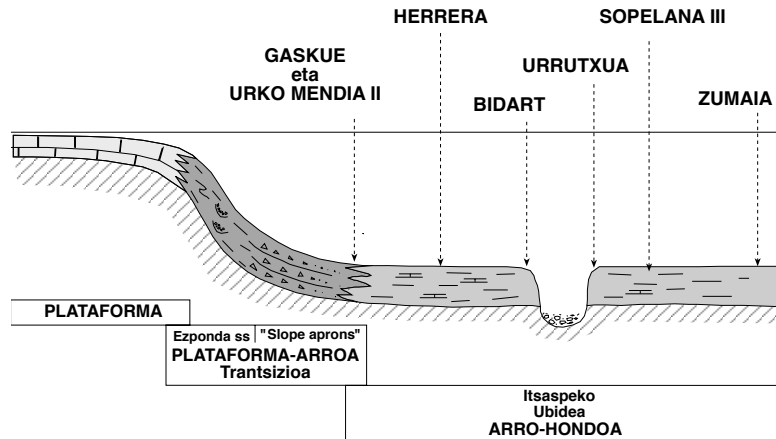
netara kokatzen da, zenbait ebakitan higadura-izaera duelako. Kasu hauetan, higadura-azala kareharri hemipelagikozko klastoez osaturiko bretxek estaltzen dute (5. Irudia).



5. irudia. K/T trantsizioaren sekuentzien estratigrafia, Euskokantauriar Arro sakoneko zenbait ebakietan (APELLANIZ) [5].

Higadura-azala itsas mailaren jaitsiera erlatiboarekin erlazionatu da, eta ondo igartzen dira garai hartako ezpondatik urbil edota arroa axialki zeharkatzen zuen itsaspeko ubidearen inguruan kokatzen diren ebakietan

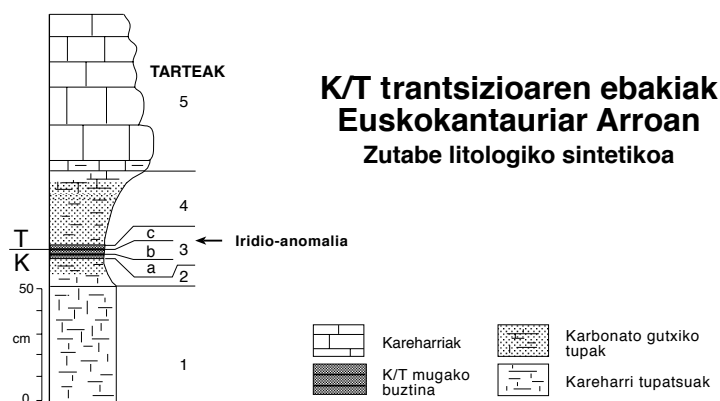
(6. irudia). K/T muga, sekuentzia honetako sistema-elkarte transgresiboan kokaturik dago, tarte kondentsatuan, hots, sedimentazio-tasa baxue-
nak gertatu ziren tartean.



6. irudia. 5. irudian ageri diren 7 ebakien kokapen paleogeografikoa (APELLANIZ) [5].

K/T TRANTSIZIOAREN ESTRATIGRAFIA

Aurretik esan dugunez, Eukokantauriar Arroan K/T trantsizioaren ebakiek antzekotasun handia dute ikuspegi stratigrafikotik. Antzekotasun horrek, estratoz-estrato egindako korrelazioa ahalbidetzen du zenbait



7. irudia. K/T trantsizioaren zutabe litologiko sintetikoa (APELLANIZ) [5].

kasutan. Horregatik, posible da ebaki guztion estratigrafiaren deskribapen sintetikoa egitea, nahiz eta ezberdintasun txikiak daudela onartu behar bada ere (tartean lodieran eta bretxa edota geruza turbiditikoaren agerpenean) (7. irudia).

Segida litologiko orokorra kontuan izanik, oinazpitik gainera 5 tarte bereiz daitezke:

1. tarte: (Goi Maastrichtiarra, *Abathomphalus mayaroensis* Biozona)

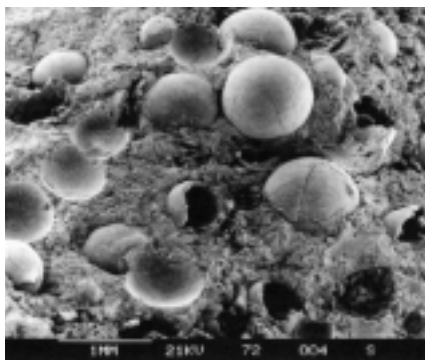
Tupak eta kareharri tupatsu trinkoak, grisak eta gorriskak, 20/30 cm lodierako bikoteetan antolataturik; inoiz, tartekaturik, geruza turbiditikoak azaltzen dira.

2. tarte: (Maastrichtiar barantiarrena, *Abathomphalus mayaroensis* Biozonaren azken zatia)

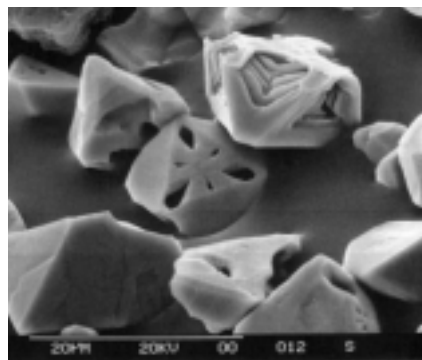
Tarte honetan karbonatoaren adukia gero ta txikiagoa da segidaren material gazteagorantz desplazatzen garen heinean. Foraminifero planktoniko ugariak dira.

3. tarte: K/T muga-tarte

Tarte hau buztin-geruza bati dagokio (K/T boundary clay), zeinak, eba-kien arabera, lodiera ezberdina azaltzen duen (1-7 cm artekoa). Lodiera-ezberdintasunak, deformazio tektoniko konpresiboen ondorioztat hartu dira eta zenbait azalaramendutan kaltzitazko laminekin bat datoz, bankuen arteko irristatzeak nabarmenduz. Irriatzeok, buztina aldentze-maila gisa aprobeztatuz, beraren distortsioa edota lodierako albo-aldaketak eragiten dute.



8. irudia. Teapot Dome-ko (Wyoming) K/T mugako buztinan aurkitutako **mikrosferulak**. (ekorketa-mikroskopio elektronikoaren (E.M.E.ren), bidez lortutako argazkia). (BOHOR) [9]



9. irudia. Caravaca-ko (Murcia) K/T mugako buztinetik erazuriko **espinela** mineralaren kristalak (E.M.E.ren bidez lortutako argazkia). (BOHOR) [9]

Tarte honen barruan, hiru maila bereizten dira ordea: lehena **(a)** gris-horiska koloreko lutitaz osotua. Bertan, ugariak dira foraminifero planktonikoen oskolak, disoluzio-seinaleak dituztenak. Erdiko maila **(b)** okregorriska koloreko lutita da. Bere baitan, mikrosferulak eta nikel-edukia oso altua duten espinela-kristalak aurki daitezke proportzio adierazgarri batetan, 8. eta 9. irudietan ikus daitezkeen bezalakoak.

Azkeniz, goiko maila **(c)**, gris koloreko xafla-lutitez osaturik dago; (b) eta (c) mailen arteko mugan antzematen da iridio-anomaliarik handiena.

4. tarte: (Danialar goiztiarra. *Gb. cretacea* eta *Pr. longiapertura* Biozonak)

Tupa grisak, oinazpitik gainera, karbonato-edukia gero eta altuagoa azaltzen dutenak (goialdean kareharri tupatsuak). Tarte honen lodiera aldakorra izaten da ebaki ezberdinetan, 20-60 cm bitartekoa hain zuzen. Geruza turbiditiko finak ere ager daitezke eta ugariak izaten dira foraminifero planktonikoen oskol fosilak.

5. tarte: (Danialar goiztiarra. *Ps.pseudobulloides* Biozona)

Kareharri eta tupa hemipelagikoak txandakaturik. Tartean zenbait geruza turbiditiko ere egon daitezke. Hauetan, Kretazeoko foraminifero planktonikoak badaude ere, Danialarreko espezieak ugariagoak izaten dira. Datu adierazgarria da turbidita hauetan dagoen glaukonitaren eduki altua, bai detritiko, bai mineral autigenikoen artean, inoiz foraminifero planktonikoen oskolak betetzen edo partzialki ordezkutzen ere.

K/T MUGAKO SUNTSIPEN MASIBOA

Suntsipen masibo honek, Lurreko espezie kopuruaren hiru laurdena desagertarazi zuenak, zientzi eremu ezberdinetan aritzen diren ikertzaile ugariaren jakinmina sortzen du, paleontologo, geologo, geokimikari, fisikari eta astrofisikariena, besteak beste. Hauek, Lur planetako Biziaren historia berreraikitzeaz gain, planeta beraren eboluzioa eta gainerako Kosmoarekin duen erlazioa aztertu nahi dute. Ondorioz, ikerketa-lan ugari plazaratu dira, azken hamarkadan batez ere, katastrofismo eta gradualismoaren alde dauden zientzialarien arteko lehia klasikoa berpiztu dutenak.

K/T mugako suntsipena azaltzeko, zenbait hipotesi proposatu dira denboran zehar, batzuk kuriosoak, beste batzuk serioagoak edo zientifikoagoak; oro har, bi multzo hauetan bana daiteke:

— **teoria endogenikoak:** klima-aldaketa globalak, itsas mailaren aldaketak, eskala handiko bulkanismoa, aldaketa ozeanografikoak

(anoxia fenomenoari, $\delta^{13}\text{C}$ kontzentrazioari, C organikoaren ekoizpenari, zirkulazio ozeanikoari edota beraien egiturari dagozkienak) eta

— **teoria exogenikoak** (lurretik kanpoko zioak aipatzen dituztenak): kometa edota asteroide baten talka, «ozar-izarrak», supernoba baten leherketa, plano galaktikoan zeharreko lerradura eta abar.

Eragina pairatu zuten organismo-taldeak

animalia itsastarren %11 familia
narrastien %57 familia
ugaztunen % 32 familia

anfibioak

narrastiak:

kelonioak
plesiosauruak*
pterosauruak*
sauriskioak*
ornitiskioak*

ugaztunak

plankton itsastarra:

foraminiferoak
planktonikoak [10], [5]
bentonikoak [11]
nannoplank. kalk. [12; 13; 14]

moluskuak:

ammonoideoak* [15], [16]
errudistak*

* = *suntsipen terminala*.

Atal honetako erreferentzia bibliografikoak ondoko talde fosilak tratatzen dute, Euskokantauriar arroko materialetan.

ZERGAITIEI BURUZKO HIPOTESIAK

Kretazeoaren amaieran gertaturiko suntsipenek sortarazten duten interesa dela medio, muga horren azterketa da, duda barik, arlo desberdinetako zientzialarien partetik arreta handiena jasotzen ari dena; batez ere meteoritoen talkaren hipotesia plazaratu eta gero sorturiko polemikarekin.

Gai honi buruzko bibliografian Kretazeoaren amaieran gertaturikoa azaldu nahi duten hainbat teoria aurki daitezke. Zenbait ikertzailearen uste-

tan Lurra beroago egin zen orduan, beste batzuen iritziz, aldiz, hotzagoa, edo hezeagoa edo lehorragoa ... etab. Goi Kretazeoaren amaieran jazotako itsas erregresioa da krisi hau azaltzeko sarri aipatu den beste kausa.

1980. urtean, ALVAREZ ikertzaileak eta haren kideek hipotesi berri bat formulatu zuten [17], horren arabera hamar edo hamabi kilometroko meteorito batek Lurra jo zuen. Talkaren ondorioz, 25 kilo baino gehiagoko animaliak segituan hil ziratekeen eta planeta hauts-hodei batez estalita geratu bide zen hilabete batzuetan. Egoera horretan, eguzkitiko izpiak ezin hel zitezkeen Lurraren azaleraino. Hori dela eta, fotosintesi-prozesuak eten egin ziren, eta horrek landare lehortarren eta fitoplanktonaren desagerpena ekarri zukeen. Itsasoetako kate trofikoaren ekoizle primarioa den fitoplanktonaren ezabapenaz, katea bera apurtu zen, eta horrek izugarritzko ondorio latzak ekarri bide zituen itsas fauna osoan. Gainera, eurite azidoa agertu zatekeen, eta beste zenbait efekturen gainean, itsas organismoen karezko maskorra disolbatu bide zen (foraminiferoena, nanoplankton kalkareoena etab.).

OFFICER eta DRAKE-k [18] beranduago proposatu zuten, K/T trantsizioan agituriko suntsipen masiboak denbora-tarte luzeetan luzaturiko erupzio bolkanikoetan zeutzan eta bulkanismoaren ondorioak talkarena bezalakoak ziratekeela adierazi zuten.

RAUP eta SEPKOSKI-k azken 250 milioi urteetan itsas organismoen 500 familiak erakusten duten fosil-erregistroa aztertu eta gero [19], hipotesi berri eta originala proposatu zuten. Beraien iritziz suntsipenak 26 milioi urteko aldi erregularretan jaso dira.

Azken hamar urteotan makina bat argitalpen agertu dira hipotesi bi hauen defentsarako argudioak azaltzen dutenak, alabaina, Beloc eskualdean, Haitin [20], benetako tektiten aurkikuntza berriek eta berarekin batera talkaren kraterra daitekeenarenak ere, berori Mexikoko Chicxulub-en kokatuta legokeena, Yucatan-en iparraldean [21; 22], meteoritoaren erortaren hipotesia sendoki lagundu dute.

Gaur egun, askok jarraituriko hipotesia da meteoritoarena [23]. Hala ere, K/T mugan gertatutako suntsipenak modu globalean azaltzeko, gradualagoak diren aldaketaren alderdiak ere kontuan izan beharko liriateke.

ESKERRONAK

Lan hau **UPV 121.310-EB191/98**, **UPV 121.310-G12/99** eta **DGICYT PB98-0243** proiektuen esparruan kokatzen da. Halaber, gure eskerrik berroenak **Arantza Aranburu** eta **Igone Zabala** lagunei, gidatxo hau ulergarriagoa izan dadin egindako orrazketagatik.

ERREFERENTZIA BIBLIOGRAFIKOAK

- [1] BUFFETAUT, E. (1992). *Fósiles y Hombres*. Plaza & Janes Editores, 356 pp.
- [2] MARVIN, U.B. (1990). «Impact and its revolutionary implications for geology». In: SHARPTON, V.L. & WARD, P.D. (eds.), «Global Catastrophes in Earth History». *Geol. Soc. Amer. Special Paper*, **247**, 87-91.
- [3] JABLONSKI, D. (1991). «Extinctions: A paleontological perspective». *Science*, **253**, 754-757.
- [4] BENTON, M.J. (1995). «Diversification and extinction in the history of life». *Science*, **268**, 52-58.
- [5] APELLANIZ, E. (1999). *Los foraminíferos planctónicos en el tránsito Cretácico/Terciario: Análisis de 4 secciones en depósitos de cuenca profunda en la Región Vasco-Cantábrica*. Tesis Doctoral. Servicio Editorial de la UPV/EHU. 390 pp.
- [6] BACETA, J.I. (1996). *El Maastrichtiense superior, Paleoceno e Ilerdiense inferior de la Región Vasco-Cantábrica: secuencias deposicionales, facies y evolución paleogeográfica*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, 372 pp.
- [7] PUJALTE, V., BACETA, J.I., PAYROS, A., ORUE-ETXEBARRIA, X. & SERRA KIELI, J. (1994). *Late Cretaceous-Middle Eocene Sequence Stratigraphy and biostratigraphy of the SW and W Pyrenees (Pamplona and Basque Basins, Spain)*. Seminario de campo para el Grupo de Estudio del Paleógeno (GEP), Universidad del País Vasco, 118 pp.
- [8] PUJALTE, V., BACETA, J.I., ORUE-ETXEBARRIA, X., & PAYROS, A. (1998). «Paleocene strata of the Basque Country, Western Pyrenees, Northern Spain: Facies and sequence development in a deep-water starved basin». *SEMP Special Publication*, **60**, 311-325.
- [9] BOHOR, B.F. (1990). «Shocked quartz and more: impact signatures in Cretaceous/Tertiary boundary clays». In: SHARPTON, V.L. & WARD, P.D. (eds.), «Global catastrophes in Earth History; An interdisciplinary conference on impacts, volcanism, and mass mortality». *Geological Society of America Special Paper*, **247**, 335-342.
- [10] APELLANIZ, E., BACETA, J.I., BERNAOLA-BILBAO, G., NÚÑEZ-BETELU, K., ORUE-ETXEBARRIA, X., PAYROS, A., PUJALTE, V., ROBIN, E. & R. ROCCHIA (1997). «Analysis of uppermost Cretaceous-lowermost Tertiary hemipelagic successions in the Basque Country (Western Pyrenees): evidence for a sudden extinction of more than half planktic foraminifers species at the K/T boundary». *Bull. Soc. géol. France*, **168(6)**, 783-793.
- [11] KUHN, W. & KAMINSKI, M.A. (1993). «Changes in the community structure of deep water agglutinated foraminifers across the K/T boundary in the Basque Basin (Northern Spain)». *Revista Española de Micropaleontología*, **25**, 57-92.
- [12] PERCIVAL, S.F. & FISCHER, A.G. (1977). «Changes in calcareous nannoplankton in the Cretaceous-Tertiary biotic crisis at Zumaya, Spain». *Evol. Theory*, **2**, 1-35.
- [13] FLORES, J.A., GOROSTIDI, A. & LAMOLDA, M.A. (1990). «Implicaciones de la diagénesis en el análisis bioestratigráfico con nanoflora de tres secciones Maastrichtiense/Daniense de la Región Vasocantábrica». *Com. Reunión de Tafonomía y Fosilización*, 145-150.

- [14] LAMOLDA, M.A., & GOROSTIDI, A. (1992). «Nannofossil stratigraphic record in upper Maastrichtian-Lowermost Danian at Zumaya». *Memoria di Scienze Geologiche già Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*, **43**, 149-161.
- [15] WARD, P.D. (1988). «Maastrichtian ammonite and inoceramid ranges from Bay of Biscay of Cretaceous-Tertiary boundary sections». In: LAMOLDA, M.A., KAUFFMAN, E.G. & WALLISER, O. (eds.), «Paleontology and evolution: extinction events». *Revista Española de Paleontología* (n.º extraordinario), 119-126.
- [16] WARD, P.D. & KENNEDY, W.J. (1993). «Maastrichtian ammonites from the Biscay Region (France, Spain)». *Journal of Paleontology*, **67**, 1-58.
- [17] ÁLVAREZ, L.W., ÁLVAREZ, W., ASARO, F. & MICHEL, H.V. (1980). «Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction». *Science* **208**, 1.095-1.108.
- [18] OFFICER, C.B. & DRAKE, C.L. (1985). «Terminal Cretaceous Environmental Events». *Science*, **227**, 1.161-1.167.
- [19] RAUP, D.M. & SEPKOSKI, J.J. (1984). «Periodicity of extinctions in the geologic past». *Proceedings of the National Academy of Science*, **81**, 801-815.
- [20] SIGURDSSON, H., D'HONT, S., ARTHUR, M.A., BRALOWER, J., ZACHOS, J.C., VAN FOSSEN, M. & CHANNEL, J.E.T. (1991). «Glass from the Cretaceous/Tertiary boundary in Haiti». *Nature*, **349**, 482-487.
- [21] SMIT, J. (1991). «Where did it happen?» *Nature*, **349**, 461-462.
- [22] SMIT, J., ROEP, Th. B., ÁLVAREZ, W., MONTANARI, A., CLAEYS, Ph., GRAJALES-NISHIMURA, J.M. & BERMÚDEZ, J. (1996). «Coarse-grained, clastic sandstone complex at the K/T boundary around the Gulf of Mexico: deposition by tsunami waves induced by the Chicxulub impact». In: RYDER, G., FASTOVSKY, D. & GARTNER, S. (eds.), «The Cretaceous-Tertiary event and other catastrophes in Earth history». *Geological Society of America Special Paper*, **307**, 151-182.
- [23] ÁLVAREZ, W. (1998). *Tyrannosaurus rex y el crater de la muerte*. Drakontos, 201 pp.