

Bollettino della Società Paleontologica Italiana	27 (1)	1988	119-121	—	Modena, Marzo 1988
--	--------	------	---------	---	--------------------

Eventi astronomici che potrebbero provocare crisi biologiche

Corrado BARTOLINI
Dipartimento di Astronomia
Università di Bologna

ABSTRACT — [*Astronomical events producing biological crises*] — Several extraterrestrial phenomena have been invoked for explaining the mass extinctions occurred in the past. The impact on the Earth of comet showers have been proposed to account for the periodicity of 26 million years found in the percentages of extinction. Two mechanisms could drive toward the inner part of the solar system many comets of the Oort cloud: an unseen companion to the sun (Nemesis) travelling in an eccentric orbit, and the sun's oscillation perpendicular to the galactic plane.

According to the astronomical theory of paleoclimates, the long-term variations in the geometry of the Earth's orbit are the fundamental cause of the succession of Pleistocene ice ages.

Non-periodic events are supernova explosions not far from the sun and impacts of large asteroids on the Earth. Among the reviewed causes the hypothesis of Nemesis can be ruled out.

INTRODUZIONE

Per spiegare perché nelle passate ere geologiche si sono verificate estinzioni in massa di organismi, sono state a volte proposte delle cause astronomiche, soprattutto quando si è intravista in queste crisi una periodicità difficilmente attribuibile a cause terrestri.

Dividiamo perciò le possibili cause astronomiche delle crisi biologiche in periodiche e non periodiche. Al primo gruppo appartengono gli sciame di comete convogliati periodicamente verso la Terra da due diversi meccanismi: un corpo orbitante attorno al Sole e le oscillazioni del sistema solare sopra e sotto il piano di simmetria della Galassia. Cicliche, anche se di periodo molto più breve, sono le glaciazioni dovute alle variazioni di insolazione collegate ai cambiamenti della geometria dell'orbita della Terra attorno al Sole.

Il gruppo degli eventi non periodici è costituito invece dalle esplosioni di supernovae nelle vicinanze del Sole e dalla caduta sulla Terra di asteroidi.

Discutiamo ora rapidamente i vari meccanismi.

SCIAMI DI COMETE

Analizzando le percentuali di famiglie e di generi estinti negli ultimi 270 milioni di anni Raup & Sepkoski (1984) hanno trovato una serie di picchi che cadono più vicini a quelli previsti da una periodicità di 26 milioni di anni che a quelli che si avrebbero in un ritmo di estinzioni casuale.

Periodicità di poco superiori sono state trovate nelle età dei crateri prodotti sulla superficie terrestre dalla caduta di comete o meteoriti negli ultimi 600 milioni di anni: Rampino & Stothers (1984) hanno ottenuto il valore di 31 ± 1 milioni di anni, mentre Alvarez & Muller

(1984), considerando solo i criteri più recenti e quindi meglio datati, pervengono al valore di 28.4 ± 1 milioni di anni.

Considerando reale questa periodicità, molti ricercatori hanno cercato di collegarla ad un fenomeno periodico esterno alla Terra.

Poiché le comete, passando vicino al Sole, tendono a consumarsi esaurendosi in 10^4 - 10^5 anni, dato che, dopo 4 miliardi e mezzo di anni dalla formazione del sistema solare, ancora se ne osservano, Oort (1950) fu indotto a supporre che a distanze dal Sole dell'ordine di 10^5 Unità Astronomiche esista un serbatoio di almeno 10^{11} comete, che gli astronomi hanno chiamato «nube di Oort». Il fenomeno periodico causa prima delle estinzioni potrebbe essere la rivoluzione attorno al Sole su un'orbita molto eccentrica di un corpo (Nemesis) poco appariscente, ma in grado di perturbare molte comete facenti parte della nube di Oort, dirigendole verso la parte più interna del sistema solare. Whitmire & Jackson (1984) suppongono che un corpo del genere possa essere o un grosso pianeta o una piccola stella scura del tipo chiamato «nana nera». Il pianeta dovrebbe avere una massa di almeno un quinto della massa di Giove, per esercitare un'azione gravitazionale sufficiente sulle comete. Quando un corpo celeste raggiunge una massa pari a 40 volte la massa di Giove, innesca le prime semplici reazioni termonucleari (bruciamento di Li, Be, B dando luogo a H e He) diventando una stella; se la massa è inferiore a 80 volte la massa di Giove, la stella non riesce a trasformare l'H in He e, dopo una fiammata iniziale, si spegne lentamente irraggiando soprattutto nell'infrarosso e divenendo una «nana nera».

Simultaneamente a Whitmire & Jackson l'idea di Nemesis è stata proposta anche da Davis, Hut & Muller (1984) i quali non nascondono i punti deboli del modello: 1) l'oggetto, benché vicino, non è stato identificato e non si sa

in quale regione di cielo cercarlo: 2) affinché il periodo di rivoluzione sia 26 milioni di anni, il semiasse maggiore dell'orbita, dedotto dalla III^a legge di Keplero, deve essere 90.000 Unità Astronomiche, pari a 1.4 anni luce, confrontabile quindi con le distanze delle stelle più vicine. Non stupisce perciò che l'ipotesi di Nemesis sia rimasta in piedi solo sei mesi; infatti un più attento esame della stabilità dell'orbita, compiuto da Torbett & Smoluchowski (1984), Hills (1984), Hut (1984) e Clube & Napier (1984), ha dimostrato che le perturbazioni causate dalle stelle, dalle nubi molecolari giganti e dal campo mareale globale della Galassia avrebbero reso instabile il sistema, facendo allungare il periodo di almeno il 15% nell'intervallo di tempo di 250 milioni di anni considerato da Raup e Sepkoski. Perciò Nemesis non sarebbe in grado di provocare sulla Terra quella successione di crisi biologiche strettamente periodiche che avevano indotto a supporre la sua esistenza.

OSCILLAZIONI DEL SISTEMA SOLARE PERPENDICOLARI AL PIANO DELLA GALASSIA

Un'alternativa a Nemesis per spiegare le estinzioni periodiche fu proposta e analizzata da Clube & Napier (1979, 1984), Rampino & Stothers (1984) e da Schwartz & James (1984); questi autori calcolano che il piano galattico attiri gravitazionalmente il sistema solare facendolo oscillare perpendicolarmente ad esso in circa 65 milioni di anni. Durante l'attraversamento del piano galattico, ogni 33 milioni di anni, sono più probabili gli incontri con nubi molecolari giganti e perciò, oltre a glaciazioni dovute all'assorbimento della radiazione solare, sono da attendersi perturbazioni della nube di Oort con conseguente pioggia di comete sull'intero sistema planetario, Terra compresa. La distribuzione di nubi cosmiche non sarebbe uniforme e questo fatto potrebbe dar ragione della non perfetta periodicità nella formazione di crateri e nelle estinzioni.

GLACIAZIONI DOVUTE ALLA GEOMETRIA DELL'ORBITA TERRESTRE

Sovrapposte alle variazioni climatiche dovute all'attraversamento delle nubi interstellari ve ne sono altre di periodicità molto più breve (dell'ordine di 10^5 anni) correlate, secondo la teoria astronomica dei paleoclimi di Milankovitch (1920, 1930, 1941), alle variazioni di insolazione estiva alle alte latitudini settentrionali, che sono le più sensibili al clima a causa della massima estensione dei continenti in queste regioni; infatti un minimo dell'insolazione estiva su queste zone, impedendo alla neve invernale di sciogliersi, provoca un aumento del potere riflettente della superficie terrestre con il risultato di un generale raffreddamento ed un'ulteriore estensione del manto nevoso permanente.

L'insolazione estiva disponibile alle alte latitudini settentrionali è funzione dell'eccentricità dell'orbita della Terra attorno al Sole, dell'obliquità dell'asse di rotazione terrestre sul piano dell'eclittica e della longitudine del perielio della Terra misurata dal punto di Ariete.

Una versione moderna della teoria di Milankovitch (Berger, 1980; Berger & Tricot, 1986) ha calcolato in modo estremamente accurato le variazioni dei tre parametri orbitali menzionati sopra nel quaternario e i loro effetti sul clima in ogni punto della Terra, giungendo a ricostruire perfettamente per via teorica la curva della temperatura misurata dall'indicatore paleoclimatico O^{18}/O^{16} ottenuto dai carotaggi nei fondali marini e dall'analisi delle bolle d'aria intrappolate nei ghiacci polari (Hays et al., 1976).

SUPERNOVAE

Le stelle di grande massa concludono la loro evoluzione in modo esplosivo presentando il fenomeno di supernova, fonte di una grande quantità di radiazioni di tutte le frequenze e di raggi cosmici estremamente energetici. Terry & Tucker (1968) hanno calcolato che, se una supernova di tipo II fosse a meno di 600 anni luce dal Sole, la quantità di raggi cosmici che investirebbe la Terra sarebbe sufficiente a uccidere o a rendere sterili gran parte degli animali che vivono nel suolo o nell'aria (Maffei, 1973).

Solo i vegetali e gli animali marini non sarebbero molto colpiti da questo fenomeno. Un evento del genere avrebbe una frequenza di una volta ogni 50 milioni di anni.

ASTEROIDI

È indubitabile che la Terra e la Luna sono state colpite da numerosissimi corpi celesti che vi hanno prodotto crateri di ogni diametro fino a circa 200 Km. Mentre i crateri lunari sono per lo più antichi (il più recente, Tico, risale a 10^8 anni fa), quelli terrestri sono quasi tutti più giovani di 6×10^8 anni, perché vengono progressivamente cancellati da erosione o coperti da sedimenti; nonostante questi effetti di erosione sulla superficie terrestre sono stati identificati circa 100 crateri di dimensioni che vanno da poche decine di metri a 140 Km.

D'altra parte negli ultimi decenni sono stati scoperti una trentina di asteroidi del diametro da 0.2 a 8 Km, che attraversano l'orbita della Terra e sono stati denominati «oggetti Apollo». Poiché le loro orbite non sono complanari con quella terrestre, in generale essi attraversano l'orbita della Terra quando non si trovano sul piano dell'eclittica e passano circa 10^7 Km sopra o sotto di essa. Affinché si abbia una collisione occorre che la longitudine del perielio dell'oggetto Apollo (variabile di 360° in circa 10^4 anni a causa delle perturbazioni prodotte dai pianeti) sia tale che la sua orbita intersechi effettivamente in un punto l'orbita terrestre e che entrambi i corpi passi-

no per quel punto contemporaneamente. Per un singolo oggetto si dovrebbe avere in media una collisione dopo 250 milioni di anni (Wetherill & Shoemaker, 1982), stimando che gli oggetti Apollo realmente presenti siano 750, si dovrebbe avere una collisione ogni 330.000 anni. Poiché gli asteroidi più grandi sono più rari, si stima che uno di 10 Km di diametro possa cadere sulla Terra ogni 50 milioni di anni.

Gli effetti della caduta di asteroidi di queste dimensioni sono ampiamente descritti nel volume edito da Silver & Schultz (1982); essi sarebbero disastrosi non solo per il luogo di caduta, in cui si formerebbe un cratere di circa 100 Km di diametro, ma per tutta la superficie terrestre che verrebbe oscurata per alcuni mesi da una densa nube di polvere o di vapor d'acqua sollevata dall'impatto. L'interruzione della fotosintesi provocherebbe l'estinzione di molte specie viventi. La «nuvola nera» conterrebbe il 10% della massa dell'asteroide sotto forma di particelle più piccole di 1 μ che si depositerebbero lentamente su tutta la Terra.

La scoperta presso Gubbio e in numerosi altri luoghi distribuiti su tutta la superficie terrestre di un sottile strato di argilla anormalmente ricco di Iridio e di altri metalli nobili al limite Cretaceo/Terziario (Alvarez, Asaro, Michel & Alvarez 1980) è una fortissima prova che un evento del genere possa aver determinato la crisi biologica alla fine del Cretaceo.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H.V. & ALVAREZ, L.W., 1980, Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary extinction: Science, 208: 1095-1105.
- & MULLER, A.R., 1984, Evidence from crater ages for periodic impacts on the Earth: Nature, 308: 718-720.
- BERGER, A., 1980, The Milankovitch astronomical theory of paleoclimates, a modern review: Vistas in Astronomy, 24: 103-122.
- & TRICOT, C., 1986, I cambiamenti climatici su grande scala e la teoria astronomica dei paleoclimi: Coelum, 55: 213-228.
- CLUBE, S.V.M. & NAPIER, W.M., 1979, A Theory of terrestrial catastrophism: Nature, 282: 445-459.
- & —, 1984, Terrestrial catastrophism - Nemesis or Galaxy?: Nature, 311: 635-636.
- DAVIS, M., HUT, P. & MULLER, R.A., 1984, Extinction of species by periodic comet showers: Nature, 308: 715-717.
- HAYS, J.D., IMBRIE, J. & SCHACKLETON, N.J., 1976, Variations in the Earth's orbit: Pacemaker of the Ice Ages: Science, 194: 1121-1132.
- HILLS, J.G., 1984, Dynamical constraints on the mass and perihelion distance of Nemesis and the stability of its orbit: Nature, 311: 636-638.
- HUT, P., 1984, How stable is an astronomical clock that can trigger mass extinctions on Earth: Nature, 311: 638-641.
- MAFFEI, P., 1973, Al di là della Luna: 315 pp., Biblioteca E.S.T., Mondadori.
- MILANKOVITCH, M.M., 1920, Theorie Mathématique des Phénomènes Thermiques produits par la Radiation Solaire: Acad. Youg. Sciences et Arts de Zagreb, Gauthier-Villars.
- , 1930, Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen. In Köppen, W. & Geiger, R. (eds.), Handbuch der Klimatologie: Band I. Teil A. Bornträger, Berlin.
- , 1941, Kanon der Erdbestrahlung: 484 pp., Königliche Serbische Akademie, Beograd.
- OORT, J.H., 1950, The structure of the cloud of comets surrounding the solar system, and the hypothesis concerning its origin: Bull. Astr. Nether., 11: 91-110.
- RAMPINO, M.R. & STOTHERS, R.B., 1984, Terrestrial mass extinctions, cometary impacts and the Sun's motion perpendicular to the galactic plane: Nature, 308: 709-712.
- RAUP, D.M. & SEPKOSKI, J.J., 1984, Periodicity of extinctions in the geologic past: Proc. Nation. Acad. Sci. U.S.A., 81: 801-805.
- SCHWARTZ, R.D. & JAMES, P.B., 1984, Periodic mass extinctions and the Sun's oscillation about the galactic plane: Nature, 308: 712-713.
- SILVER, L.T. & SCHULTZ, P.H.V., (eds.), 1982, Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth: Publ. Geol. Soc. Am., Special Paper 190, 528 pp, Boulder, Co.
- TERRY, K.D. & TUCKER, W.H., 1968, Biologic Effects of Supernovae: Science, 159: 421-423.
- TORBETT, M.W. & SMOLUCHOWSKI, R., 1984, Orbital stability of the unseen solar companion linked to periodic extinction events: Nature, 311: 641-642.
- WETHERILL, G.W. & SHOEMAKER, E.M., 1982, Collisions of astronomically observable bodies with the Earth. In Silver, L. T. & Schultz, P. H. (eds.), Geological Implications of Impacts of large Asteroids and Comets on the Earth: Publ. Geol. Soc. Am., Special Paper 190: 1-14, Boulder, Co.
- WHITMIRE, D.P. & JACKSON, A.A., 1984, Are periodic mass extinctions driven by a distant solar companion?: Nature, 308: 713-715.

(manoscritto ricevuto il 18 dicembre 1987)

Corrado BARTOLINI

Dipartimento di Astronomia
Via Zamboni 33, 40126 Bologna, Italia