

EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS

1. Envejecimiento Racial

Dado que: (1) los individuos nacen, crecen y mueren, y (2) los dinosaurios aparecieron, tuvieron su época de prosperidad, declinaron y se extinguieron. Hipótesis: la extinción de los dinosaurios ocurrió por un proceso de envejecimiento natural, que produce caracteres extravagantes e inadaptables. Objeciones: las analogías entre el ciclo vital de un individuo y el desarrollo evolutivo de las especies y grupos superiores son inadmisibles científicamente, y son rechazadas por los paleontólogos actuales por falta de lógica y de evidencia empírica. No existen indicios de que la extinción y sustitución de cualquier grupo se deban a factores distintos a su incapacidad de sus adaptaciones frente a nuevos desafíos ambientales o competitivos. Al final del Cretáceo los dinosaurios presentaban una elevada diversidad y estaban exitosamente adaptados a diferentes formas de vida, hacia fines del Cretáceo habían aparecido dinosaurios nuevos, como los ceratópsidos, que evolucionaban adaptativamente. Comentario: El paralelismo entre el ciclo vital de un organismo y el desarrollo un grupo fue resaltado por Alcide d'Orbigny para los ammonites. En la década de 1880, dos paleontólogos, Wilhelm Waagen y Alpheus Hyatt, desarrollaron las implicancias evolutivas de esta relación, dando origen a la idea de una "senectud racial" o "filogerontismo. La hipótesis de la "senectud racial" fue apoyada por otros paleontólogos como Edward Drinker Cope, Richard Swan Lull y Henry F. Osborn, quienes la aplicaron a los dinosaurios. En 1924, Lull concluyó que "animales grotescos como el Stegosaurus estaban abocados, por su propia naturaleza, a una rápida extinción, como resultado de las consecuencias mortales de la enfermedad racial. Algunos supusieron que eran demostración de "vejez" la carencia de dientes y el gigantismo en algunos grupos de dinosaurios, y extrapolaron imaginativamente a todos ellos otras características de "vejez", como disminución de la fuerza y de las capacidades sensoriales. Actualmente estas analogías entre el desarrollo de los organismos y la historia de las especies carecen de partidarios entre los paleontólogos.

2. Especialización Excesiva

Dado que: (1) los organismos evolucionan hacia formas más especializadas y no pueden retroceder hacia estados primitivos, (2) los dinosaurios llegaron a un nivel de especialización demasiado alto, que se observa en la aparición de estructuras aberrantes e inadaptables, como placas, cuernos, viseras, el penacho nasal de los hadrosaurios, la cúpula ósea de los paquicefalosaurios, etc. Hipótesis: los dinosaurios se extinguieron por una super-especialización que produjo consecuentemente una inadaptación. Objeciones: los dinosaurios lograron superar exitosamente crisis ambientales previas, adaptándose perfectamente a nuevas condiciones. Las estructuras como cuernos o placas no eran anormales o inútiles como se creyó antiguamente, cumplían funciones a las que estaban perfectamente adaptadas, por ejemplo servir de apoyo a los músculos mandibulares o a los órganos de los sentidos. No explica la extinción simultánea de otros organismos, incluyendo especies marinas, de otros hábitats. Comentario: Esta hipótesis se planteó a menudo como una extensión de la anterior: la superespecialización acompañaría a la "senectud racial". Así lo plantea, por ejemplo, Edwin H. Colbert, quien las asocia a un factor genético: "Puede ser que los cromosomas, que son los portadores de la herencia, "pierdan el control" en esos momentos previos a la extinción de un grupo; es claro que las especializaciones excesivas, debidas a trastornos cromosómicos, pueden haber sido la causa de la desaparición de muchas líneas evolutivas particulares". L. S. Berg en 1926 propuso su idea de la "nomogénesis", evolución por causas internas, según la cual la extinción se produce "obedeciendo a ciertos impulsos internos ocultos en la constitución del organismo". Este tipo de especulaciones carece absolutamente de base.

3. Gigantismo Extremo

Dado que: muchos dinosaurios poseían grandes hipófisis en la base del cráneo y el mal funcionamiento endocrino es causa de crecimiento desproporcionado (gigantismo por hipersecreción hipofisaria). Hipótesis: los dinosaurios desaparecieron debido a que por fallas endocrinas alcanzaron tallas excesivamente grandes, apareciendo desarreglos corporales como discos intervertebrales mal ajustados o dislocados, malformaciones óseas, exceso de temperatura interna, etc. Objeciones: No todos los dinosaurios eran gigantes, algunos eran del tamaño de un perro o menores, y también desaparecieron. Los mayores dinosaurios (saurópodos) predominaron durante el período Jurásico, no corresponden a las especies que desaparecieron a fines del Cretáceo. No hay razones para pensar que en distintas líneas evolutivas de dinosaurios se produjesen simultáneamente desórdenes endocrinos. No hay evidencias de los supuestos trastornos masivos por exceso de volumen corporal, por ejemplo son muy escasos los ejemplares con discos vertebrales dislocados. No explica la extinción

simultánea de otros organismos, incluyendo especies marinas, que vivían en otros hábitats. Comentario: La hipótesis del sobredesarrollo como causa de extinción fue formulada por primera vez en 1888 por Ludwig Döderlein y posteriormente fue divulgada por el científico Stephan Zamenhoff. El paleontólogo Lapparent dice que una consecuencia del aumento de tamaño de los dinosaurios fue su reducción numérica. Igualmente, Abelos indicaba que el aumento de las dimensiones se habría asociado a una menor y más tardía reproducción, disminuyendo sus posibilidades de sobrevivencia.

4. Escasa Inteligencia

Dado que: los dinosaurios presentaban un cerebro reducido respecto a sus dimensiones corporales y un aspecto de animales lentos y pesados. Hipótesis: los dinosaurios fueron incapaces de competir con los mamíferos, más ágiles y más inteligentes. Objeciones: algunos dinosaurios, como los celurosaurios y deinonicosaurios, tenían cerebros grandes y estructuras que evidencian una gran agilidad. El trabajo del profesor James Hopson demuestra que algunos de los últimos dinosaurios, como los troodontidos de fines del Cretáceo, presentaban un tamaño cerebral equivalente al de muchos mamíferos. El aspecto de animales lentos y pesados de algunos de ellos se debe a las antiguas reconstrucciones influidas por un prejuicio. Los estudios de la paleofisiología de dinosaurios muestran que presentaban un metabolismo y unas pautas de conductas más complejas de lo que se creía antiguamente. Los mamíferos aparecieron en el Triásico y durante millones de años, hasta después de la extinción de los dinosaurios, permanecieron como un grupo secundario, formado por animales pequeños posiblemente nocturnos. Las tortugas o los cocodrilos, que les sobreviven, tienen un cerebro igualmente reducido y no parecen ser más inteligentes que los dinosaurios. Tampoco explica la extinción simultánea de otros organismos. Comentario: El paleontólogo belga Louis Dollo fue uno de los primeros en llamar la atención sobre la posible influencia del cerebro primitivo y pequeño de los dinosaurios en su declinación. La idea de que los dinosaurios eran unos seres pasados y estúpidos que no pudieron competir con los mamíferos, ágiles, activos e inteligentes, estuvo muy extendida en las décadas de los años 1940-1950 entre los paleontólogos y llegó a formar parte de la cultura popular. Esta idea se sustentaba en tres consideraciones: su escasa capacidad cerebral en relación a la masa corporal, su metabolismo que se consideraba idéntico al de los reptiles actuales, y su propio gigantismo, asociado tradicionalmente con falta de inteligencia. Algunos científicos han sugerido que los dinosaurios eran autómatas, prisioneros de un comportamiento automático, rígido, genéticamente programado, de modo que los mamíferos, de conducta flexible e inteligente, los desplazaron de todos sus nichos ecológicos. El paleontólogo Edwin H. Colbert aceptaba esta hipótesis, comentando: "...los dinosaurios eran virtualmente autómatas ambulantes. Habría sucedido, pues, que triunfó aquí el cerebro sobre la fuerza bruta". Hacia fines de los años sesenta surgió una nueva concepción, que considera a los dinosaurios en forma más objetiva como seres perfectamente adaptados a su ambiente, activos y con conductas complejas.

5. Sobrepopulación Y Suicidio

Dado que: durante el Mesozoico las condiciones ambientales fueron favorables para la proliferación de los dinosaurios, éstos alcanzaron grandes densidades de población. Hipótesis: la sobrepoblación los indujo a desarrollar factores psicóticos que los llevaron a suicidios colectivos, como ocurre actualmente con los lemmings o algunos cetáceos. Objeciones: sin justificación seria. Comentario: Algunos paleontólogos y divulgadores imaginaron que la sobrepoblación de los dinosaurios habría llevado al desarrollo de desórdenes endocrinos y nerviosos, y a problemas con los huevos, cuya cáscara se habría hecho demasiado delgada por la misma razón (ver hipótesis 12).

6. Sobrepopulación Y Hambruna

Dado que: La superpoblación puede producir la extinción de las poblaciones por falta de alimento. Hipótesis: la sobrepoblación de grandes dinosaurios herbívoros pudo devastar la vegetación y provocar su muerte por falta de alimento, y consecuentemente la extinción de sus depredadores. Objeciones: los ecosistemas poseen mecanismos de autorregulación, tal tipo de desajustes podría haber afectado a poblaciones locales, pero no a todos los dinosaurios y a otra diversidad de organismos terrestres y acuáticos.

7. Superdepredación

Dado que: durante el Cretáceo superior aparecieron en diferentes partes del mundo los grandes dinosaurios carnívoros como Tyrannosaurus, Albertosaurus, Deinonychus, Tarbosaurus, Giganotosaurus, etc., con una gran capacidad destructiva, Hipótesis: los grandes carnosaurios fueron

cazadores tan eficientes que exterminaron a sus presas y con ello determinaron su propia extinción. Objeciones: se trata de una suposición muy improbable, una "hazaña" demasiado extraordinaria a través de todo el planeta, las especies coevolucionan gradualmente y se establecen mecanismos de autorregulación que impiden que los carnívoros exterminen a todas sus presas. Los grandes carnosaurios pueden haber sido parcialmente carroñeros. No explica la extinción concomitante del plancton marino, los ictiosaurios, pterosaurios, etc.

B. Hipótesis que apelan a alteraciones reproductivas gatilladas por factores ambientales

8. Infertilidad Masculina

Dado que: (1) durante el Mesozoico la temperatura fue elevada, (2) los dinosaurios eran de grandes dimensiones, y (3) una temperatura ligeramente superior a la normal puede destruir a las células germinativas masculinas, que aceptan solo un estrecho margen de temperatura. Hipótesis: el alza de la temperatura a nivel planetario hacia fines del período Cretáceo asociado al gran volumen de los dinosaurios, impidió que estos pudieran disipar suficientemente su calor interno produciendo la destrucción de las células germinativas de los machos y con ello haciéndolos estériles. Objeciones: no todos los dinosaurios eran de grandes dimensiones, los dinosaurios se extinguieron justamente cuando el clima se estaba haciendo más frío, además no explica la extinción de otros grupos terrestres o acuáticos. Comentario: Esta hipótesis que fue una de las favoritas en las décadas de 1940 y 1950. Fue propuesta por R. B. Cowles y se basa en estudios realizados por Edwin H. Colbert, R. B. Cowles y C. M. Bogert. Para inferir las reacciones de los dinosaurios ante las temperaturas elevadas, analizaron la temperatura corporal de caimanes norteamericanos de distintos tamaños en diversas condiciones de calentamiento o enfriamiento. Extrapolando los datos obtenidos hasta un animal de 10 toneladas concluyeron que una subida global de la temperatura habría impedido a los grandes dinosaurios disipar el exceso de calor. Actualmente se piensa que distintos tipos de dinosaurios presentaban estrategias termorreguladoras diversas.

9. Desequilibrio En La Proporción De Sexos

Comentario: Hipótesis propuesta en la década de 1980 por Mark Ferguson, de la Universidad de Belfast, y Edward Johanen, de Louisiana.

Dado que: en reptiles actuales como los cocodrilos, caimanes y algunos lagartos y tortugas, el sexo está determinado por las temperaturas externas a las que se someten los huevos, por ejemplo bajo los 30 °C los huevos del caimán norteamericano producen solo hembras y a más de 34 °C solamente machos. Hipótesis: los dinosaurios tenían igual mecanismo de determinación sexual y el cambio climático habría llevado a temperaturas extremas y con ello al nacimiento de individuos de un solo sexo. Objeciones: el fundamento parte de estudios de especies vivientes y no se explica por qué a esas especies no le ocurrió el mismo problema, la temperatura que afecta a los huevos corresponde a un microambiente y debe esperarse que la temperatura en éste cambie dentro de un mismo nido, como ocurre actualmente con reptiles vivientes, no explica la extinción de otros grupos terrestres o acuáticos.

10. Engrosamiento De Los Huevos

Dado que: en Francia se han encontrado nidadas enteras del Cretáceo superior formadas por huevos sin eclosionar, que presentaban engrosamiento de la cáscara. Hipótesis: El engrosamiento patológico de la cáscara de los huevos de dinosaurios, determinado por alteraciones ambientales, impidió que las crías pudieran romperla. Objeciones: El hallazgo mencionado no es generalizable, se han encontrado otras nidadas de la misma época en las que las crías nacieron. La mayoría de los huevos de los yacimientos considerados si bien tenían varias capas o estratos, no tenían un grosor mayor que lo normal, sino por el contrario eran más delgados. Tampoco explica la extinción simultánea de otros organismos.

11. Cambio climático y alteraciones de los huevos

Dado que: (1) un grupo de geoquímicos y paleontólogos estudió huevos de dinosaurios y encontró que en la mayoría de los huevos más recientes una delgadez anormal, y el 90% de los huevos tenían anomalías, eran infértiles o contenían embriones muertos, y (2) que muchos huevos aparecen estratificados, lo cual demuestra interrupciones de la elaboración de la cáscara. Hipótesis: patologías de los huevos, como el adelgazamiento de la cáscara, debido probablemente a cambios climáticos y alimentarios, impidió que las crías pudieran nacer, porque al ser la cáscara muy delgada los embriones no dispusieron del calcio necesario para formar su esqueleto. Objeciones: el hallazgo

mencionado no es generalizable, se han encontrado otras nidadas de la misma época, por ejemplo en Montana y Alberta, en las que las crías nacieron sin problema. Tampoco explica la extinción simultánea de otros organismos. Comentario: Esta hipótesis fue propuesta por el profesor Raymond Dughi, conservador del Museo de Historia Natural de Aix-en-Provence. Encontró que la mayoría de las cáscaras de huevos encontrados en la baja Provenza, están estratificadas entre dos y siete veces. Interpretó estas anomalías como consecuencias de series de suspensiones drásticas del metabolismo, lo cual tendría como origen oscilaciones térmicas caracterizadas por períodos de fríos extremos.

12. Tensión nerviosa y alteraciones de los huevos

Dado que: (1) la tensión nerviosa en las aves produce un debilitamiento de la estructura de sus huevos a través de las hormonas que controlan la puesta, que resulta mortal para muchos huevos, y (2) que se han encontrado huevos de fines del Cretáceo con cáscara delgada y con una alta mortalidad de embriones. Hipótesis: la exuberancia de la vegetación llevó a una superpoblación de dinosaurios y el exceso numérico ocasionó tensión nerviosa entre las hembras empolladoras, perdiéndose sus huevos. Objeciones: el hallazgo mencionado no es generalizable, se han encontrado otras nidadas de la misma época, por ejemplo en Montana y Alberta, en las que las crías nacieron. Comentario: Esta hipótesis fue desarrollada por Heinrich K. Erben, del Instituto de Paleontología de la Universidad de Bonn, Alemania, trabajando con miles de muestras procedentes de Aix en Provenza y en Corbieres, en los Pirineos. Los huevos más antiguos presentaban cáscaras de hasta 2,5 mm de grosor, los más recientes de solo 1 mm.

13. Vulcanismo y alteraciones de los huevos

Dado que: (1) el selenio es un elemento muy venenoso para los embriones y una pequeña cantidad causa la muerte de los polluelos de gallina, (2) que en Dinamarca y Francia se han encontrado altos niveles de selenio en la cáscara de huevos de saurópodos de fines del Cretáceo, y (3) dado que la cantidad de selenio aumenta en los huevos más cercanos al límite C/T, y los nidos presentan mayor porcentaje de eclosiones fallidas. Hipótesis: los dinosaurios herbívoros de fines del Cretáceo padecieron una fuerte reducción de las eclosiones debido a ingerir grandes cantidades de vegetación impregnada con polvo volcánico con selenio, produciéndose el derrumbe de las cadenas alimentarias. Objeciones: No explica la crisis ecológica en las cadenas alimentarias marinas, a menos que se considere que las mismas erupciones volcánicas produjeron otros efectos.

C. Hipótesis que apelan a factores externos Causas climáticas (cambios graduales)

14. Glaciación o enfriamiento del clima

Dado que: (1) cierta sucesión de faunas y pólenes fósiles en sucesivos estratos sugieren que a fines del Mesozoico se diferenciaron el invierno y el verano y desapareció el clima cálido (posiblemente como consecuencia de la deriva continental, que habría alterado las corrientes marinas y la circulación de los vientos y que habría llevado al levantamiento de montañas y a cambiar el nivel de los mares), (2) que la existencia de grandes bloques rodados en Australia Central indican la existencia de hielo glacial y (3) que el análisis de la composición en Oxígeno 18 de la concha de moluscos sugiere que efectivamente descendió la temperatura oceánica. Hipótesis: el clima frío produjo un cambio en la vegetación que alimentaba a los dinosaurios herbívoros y llevó a una pérdida de hábitats adecuados. El frío podría haber influido sobre los huevos de los dinosaurios si éstos eran muy sensibles a la temperatura, lo cual explicaría la sobrevivencia de aves y mamíferos, endotérmicos. El clima muy frío podría haber excedido el potencial ectotérmico de los dinosaurios, incluso si hubiesen sido homotermos las crías habrían sido muy pequeñas para poder superar las temperaturas frías. Si los dinosaurios eran de sangre caliente, no tenían pelaje ni plumaje para mantener el calor corporal (a diferencia de mamíferos y aves, respectivamente) y si eran de sangre fría, la mayoría era muy grande para hibernar en agujeros carentes de hielo (a diferencia de los reptiles menores, que sobrevivieron). La extinción del plancton calcáreo también podría deberse a su sensibilidad a los cambios de temperatura. Objeciones: no explica la supervivencia de otros reptiles, como cocodrilos y tortugas. Es difícil que toda la superficie terrestre tuviese un clima igualmente desfavorable, debían haber quedado zonas con clima benigno. Los hallazgos de Australia Central pueden ser indicativos de un fenómeno regional, no hay evidencias de una glaciación mundial. Los geólogos reconocen solamente cuatro grandes períodos glaciales: en el Precámbrico Medio, Precámbrico terminal, Permo-Carbonífero y Cuaternario. Como los cambios climáticos son graduales, es más probable que al menos algunas especies se hubiesen adaptado a los cambios climáticos, por ejemplo en Australia se han encontrado dinosaurios de fines del Cretáceo

adaptados a un clima frío. Aparentemente los dinosaurios bípedos pequeños, como los celurosaurios, eran endotérmicos y en tal caso habrían resistido un enfriamiento climático. Comentario: Hacia 1950, la mayoría de los paleontólogos apoyaban la idea de que los dinosaurios habían sido víctimas de un cambio de clima y algunos paleontólogos pensaban que a fines del Mesozoico habría ocurrido una glaciación que habría sido fatal para los dinosaurios. Hoy, esta hipótesis tiene pocos defensores. Harold C. Urey analizó la cantidad de oxígeno 18 en la concha de moluscos para determinar la temperatura del agua durante el Cretáceo y el Terciario, antes y después de la extinción masiva, para determinar si el clima se volvió más frío. Sin embargo, las investigaciones de Urey y de otros geólogos y paleobotánicos no lograron demostrar que en la fronteras entre el Cretáceo y el Terciario se hubiese producido una glaciación generalizada, con descenso de la temperatura hasta en las regiones ecuatoriales. La hipótesis de la extinción por el frío fue propuesta nuevamente por el paleontólogo canadiense L. Russell. Según algunos investigadores, hacia el final del Cretáceo habría subido el nivel del mar y se habrían inundado las zonas costeras, haciendo que el clima se hiciese más frío. Otros argumentan, por el contrario, que a lo largo del Cretáceo el nivel del mar habría bajado, aumentando la altura y extensión de los continentes, lo cual habría producido un descenso general de la temperatura que continuó durante 70 millones de años. Algunos investigadores aceptan que el nivel del mar descendió, pero suponen que al reducirse el área ocupada por los mares disminuyó el volumen de los organismos marinos fotosintetizadores, por lo tanto habría aumentado la concentración de anhídrido carbónico atmosférico, haciendo al clima más cálido por un efecto invernadero. Por otra parte, el enfriamiento a nivel planetario podría haber sido un fenómeno súbito, como consecuencia del impacto de un asteroide y consecuente oscurecimiento de la atmósfera.

15. Efecto invernadero: calor y sequía

Dado que: (1) hacia fines del Cretáceo se produjo una gran actividad volcánica, que liberó enormes cantidades de anhídrido carbónico; que (2) los depósitos de algas de aguas profundas y los productos de la digestión de los dinosaurios herbívoros pudieron liberar grandes cantidades de metano hacia la atmósfera, y que (3) grandes concentraciones atmosféricas de anhídrido carbónico y de metano habrían permitido el paso de la luz solar hasta la superficie terrestre impidiendo la salida del exceso de calor hacia el espacio. Hipótesis: Grandes concentraciones atmosféricas de anhídrido carbónico y de metano a fines del Mesozoico calentaron la Tierra rápidamente y los dinosaurios desaparecieron por un "efecto invernadero". El plancton es muy sensible al aumento de las temperaturas, lo que explica el derrumbamiento de las cadenas alimentarias marinas y su destrucción agravaría el efecto invernadero por su importante papel en la conversión de CO₂ en O₂. Objeciones: Los geólogos no aceptan que a fines del Cretáceo se haya producido un cambio brusco de clima que hubiese producido aridez extrema. Esta hipótesis no explica con claridad la extinción de determinados grupos y la supervivencia de otros, por ejemplo las ranas y otros anfibios, así como los reptiles pequeños, son muy sensibles a los cambios de temperatura y se habrían extinguido ellos en lugar de los dinosaurios. Comentario: La hipótesis de la muerte masiva de dinosaurios por condiciones extremas de calor y sequía fue muy popular debido a que la recogió la película "Fantasía" de Disney, basándose en estudios de Barnum Brown, quien interpretó un famoso cementerio de dinosaurios de Howe Ranch como evidencia de la muerte por desecación de lagos y pantanos. Sin embargo, el fenómeno estudiado por Brown en Howe Ranch fue de alcance local, en cambio en esa película se le dio un alcance a escala planetaria. Además, esa interpretación coincidía con la idea entonces predominante de que la mayoría de los dinosaurios habrían vivido en pantanos, lo cual actualmente no se acepta. El efecto invernadero como consecuencia de una enorme actividad volcánica que habría liberado grandes cantidades de anhídrido carbónico, fue propuesta por el geólogo Dewey McLean, del Instituto Politécnico de Virginia. Se ha sugerido otras causas para el efecto invernadero, por ejemplo el descenso del nivel del mar (ver hipótesis 34), procesos cíclicos endógenos (ver hipótesis 38) o el impacto de uno o varios meteoritos (ver hipótesis 44).

16. Clima Y Descalcificación

Dado que: (1) a fines del Mesozoico el clima se volvió más húmedo y más cálido, (2) esas características climáticas podrían disminuir el calcio disponible y (3) los dinosaurios requerían calcio. Hipótesis: Al hacerse el clima más cálido y húmedo desapareció el calcio disponible para los dinosaurios, que lo requerían para su metabolismo. Objeciones: No explica que se hubiese producido la extinción de los dinosaurios y no la de otros organismos que también requieren calcio. En la actualidad existen zonas con clima húmedo y cálido donde habitan reptiles, aves y mamíferos sin problemas de descalcificación. Comentario: esta hipótesis fue propuesta por el científico ruso V. Elisséiev, quien la elaboró considerando la existencia de esqueletos de dinosaurios torcidos en estratos del Cretáceo superior. Tales hallazgos, sin embargo, son frecuentes en fósiles encontrados en distintos estratos,

afectan por igual a dinosaurios, aves o mamíferos y se deben a procesos de contracturas musculares postmortem por al aflojamiento de los ligamentos del cuello.

17. Reducción De Hábitats

Dado que: a fines del Mesozoico el clima se volvió más húmedo, se produjeron mayor cantidad de pantanos y ríos que dividieron las antiguas grandes extensiones con pasto. Hipótesis: a las grandes manadas de herbívoros les habría sido cada vez más difícil sobrevivir separadas entre sí y compitiendo por áreas territoriales menores. Al reducirse los tamaños de sus manadas y quedar aislados habrían sido expuestos a factores nocivos, como la consanguinidad y la eliminación por epidemias de gérmenes infecciosos. El declive de los herbívoros afectó a los carnívoros y carroñeros. Objeciones: Es difícil que tales cambios se hayan producido a nivel planetario. No explica la extinción en las comunidades acuáticas.

18. Radiaciones Y Ceguera

Dado que: el estudio de las córneas de reptiles modernos muestran que pueden quedar ciegos por cataratas. Hipótesis: debido al calentamiento gradual de la Tierra y al exceso de radiaciones ultravioleta, los dinosaurios quedaron ciegos y murieron sin poder reproducirse. Objeciones: no hay fundamentos serios. Comentario: esta hipótesis fue presentada en 1982.

Causas biológicas (cambios vegetacionales, graduales)

19. Vegetación y exceso de comida

Dado que: hacia fines del Mesozoico aparecieron las plantas con flores. Hipótesis: las nuevas plantas pudieron ser deficitarias en algún mineral respecto a las anteriores, por lo tanto los dinosaurios herbívoros debieron ingerir cantidades excesivas de alimento, muriendo por el exceso de comida. Objeciones: no hay fundamentos serios, las plantas con flores coexistieron al menos 100 millones de años con los dinosaurios sin trastornos para éstos. Los restos fósiles de vegetales no indican que se produjese un cambio drástico de la flora a fines del Cretáceo. Los dinosaurios herbívoros mostraban una gran variedad de adaptaciones digestivas. Tampoco explica la extinción de otros grupos terrestres o acuáticos.

20. Vegetación y exceso de oxígeno

Dado que: hacia fines del Mesozoico aparecieron las plantas con flores, que emiten más oxígeno que las coníferas, cicadales o ginkgoales. Hipótesis: se produjo un exceso de oxígeno al que los dinosaurios no estaban adaptados. Objeciones: el cambio de la vegetación y el aumento del oxígeno atmosférico fueron procesos graduales, a los que los diferentes organismos pudieron adaptarse, las plantas con flor no pudieron ser perjudiciales en forma repentina, mucho antes de su desaparición los dinosaurios habrían acusado trastornos. Los restos fósiles de vegetales no indican que se produjese un cambio drástico de la flora a fines del Cretáceo. Comentario: Es posible que esta sea la primera hipótesis que se haya propuesto para explicar la extinción de los dinosaurios. En 1841, Richard Owen, el paleontólogo que acuñó el término "dinosaurio", formuló la idea de que durante el Mesozoico la atmósfera contenía niveles muy altos de anhídrido carbónico y muy bajos niveles de oxígeno, características ideales para los reptiles. Según Owen, a fines del período Cretáceo se habría producido la proporción actual de ambos gases, lo cual favoreció a las aves y a los mamíferos, pero causó la extinción de los dinosaurios.

21. Vegetación Dura

Dado que: hacia fines del Mesozoico aparecieron las plantas con flores, duras y correosas. Hipótesis: los dinosaurios herbívoros estaban adaptados a consumir vegetales más blandos y suculentos, comenzaron a decaer con este cambio de vegetación, muriendo posteriormente los carnívoros que los depredaban. Objeciones: no hay fundamentos serios, el cambio vegetacional fue gradual, los ecosistemas poseen mecanismos de autorregulación, que habrían dado tiempo al surgimiento de dinosaurios herbívoros con dentaduras adaptadas para masticar vegetación dura, tampoco explica la extinción de otros grupos terrestres o acuáticos. Los dinosaurios herbívoros hadrosaurios y ceratópsidos tuvieron su apogeo justamente a fines del Cretáceo, contra lo que debería esperarse si esta hipótesis fuese cierta, y sus dentaciones son las adecuadas para consumir vegetación dura. Las agujas de las coníferas corresponden a materiales mucho más duros y abrasivos que las

plantas con flores, y las precedieron. Los restos fósiles de vegetales no indican que se produjese un cambio drástico de la flora a fines del Cretáceo. Los dinosaurios herbívoros mostraban una gran variedad de adaptaciones digestivas.

22. Vegetación Venenosa

Dado que: (1) hacia fines del Mesozoico aparecieron las plantas con flores, que sintetizan alcaloides aromáticos psicoactivos venenosos, (2) que experimentos con tortugas demuestran que éstas son incapaces de detectar el gusto amargo de los alcaloides venenosos, a diferencia de los mamíferos, y que (3) se han hallado restos de dinosaurios en posiciones contorsionadas o retorcidas, lo que indica que murieron envenenados. Hipótesis: Los helechos y coníferas de comienzos del mesozoico utilizaban taninos, pero estos fueron reemplazados por alcaloides muy tóxicos cuando aparecieron las plantas con flores. Los dinosaurios se extinguieron por consumir vegetales venenosos a los que no estaban adaptados. Eran incapaces de detectar el sabor amargo y su hígado era incapaz de detoxificar las sustancias una vez ingeridas. Muertos los herbívoros desaparecieron los carnívoros por falta de alimento. Objeciones: la hipótesis se fundamenta en estudios de especies vivientes y no se explica por qué a estas especies no le ocurrió el mismo problema que a los dinosaurios. Las analogías entre tortugas y dinosaurios son dudosas porque comparten un antepasado común remoto. Los reptiles poseen enzimas que los defienden de venenos vegetales. Las posiciones retorcidas de los restos se encuentran en dinosaurios, aves y mamíferos de diferentes épocas y se deben a procesos de contracturas musculares postmortem por el aflojamiento de los ligamentos del cuello, no son prueba de envenenamiento. Los ecosistemas poseen mecanismos de autorregulación, tal tipo de desajustes podría haber afectado a poblaciones locales, pero no a todos los dinosaurios y a otra diversidad de organismos terrestres y acuáticos. No se explica la desaparición simultánea de los pterosaurios, ictiosaurios y plesiosaurios, que se alimentaban de peces. Los restos fósiles de vegetales no indican que se produjese un cambio drástico de la flora a fines del Cretáceo. Los dinosaurios herbívoros mostraban una gran variedad de adaptaciones digestivas. No existe forma de saber cómo era el sentido del gusto de los dinosaurios ni la capacidad detoxificadora de sus hígados. Los dinosaurios herbívoros hadrosaurios y ceratópsidos tuvieron su apogeo justamente a fines del Cretáceo, contra lo que debería esperarse si esta hipótesis fuese cierta. Dado los complejos mecanismos masticatorios de los hadrosaurios, estaban bien adaptados para alimentarse de materiales abrasivos como las agujas de las coníferas, no de las suaves plantas con flores. Los alcaloides tóxicos aparecieron hace 120 millones de años y los dinosaurios persistieron hasta 50 millones de años después. Comentario: Esta hipótesis fue planteada por Tony Swain, del Jardín Botánico Real de Kew, en 1976, quien sugirió que las lesiones orgánicas debidas a los alcaloides podrían haber llevado al desarrollo anormal de la hipófisis y al excesivo grosor de las cáscaras de los huevos. En años recientes el principal defensor de esta hipótesis ha sido el psiquiatra Ronald K. Siegel, quien ha dicho: "No estoy sugiriendo que todos los dinosaurios murieran de sobredosis de drogas vegetales, pero, sin duda, este fue un factor a tener en cuenta". Gould la califica de una especulación gratuita para atraer la atención, imposible de comprobar. Algunos investigadores, como Norman D. Newell, han señalado como posible causa de la extinción de los dinosaurios, una explosión evolutiva de los hongos patógenos y venenosos, que se habría producido asociada coevolutivamente con la explosión evolutiva de las plantas con flores.

23. Alteraciones Digestivas

Dado que: (1) durante el Mesozoico desaparecieron los grandes bosques de helechos, y (2) los helechos actuales tienen aceites laxantes, que pudieron ser vitales para el paso de la comida a través del intestino de los herbívoros. Hipótesis: los dinosaurios herbívoros se extinguieron por consumir un nuevo tipo de vegetales sin propiedades digestivas, muriendo de estreñimiento crónico. Muertos los herbívoros desaparecieron los carnívoros por falta de alimento. Objeciones: no hay fundamentos serios, el cambio vegetacional fue gradual, los aparatos digestivos de los dinosaurios herbívoros eran muy variados, tampoco explica la extinción de otros grupos terrestres o acuáticos. Comentario: Esta idea fue propuesta en términos más bien humorísticos, pero ha sido recogida por paleontólogos como el británico Anthony Hallam. Comentando esta hipótesis, el Dr. Fritz Kahn dice: "Los helechos contienen aceite laxante, y con las pteridófitas perdió la raza de los gigantes su purgante habitual. Los grandes señores se volvieron gruñones, reacios a luchar y a amar, y así perecieron vergonzosamente de estreñimiento."

Causas biológicas (agresiones)

24. Orugas Depredadoras

Dado que: (1) la aparición de las plantas con flores fue seguida a fines del Cretáceo por la de las mariposas, (2) las orugas (estados larvales de las mariposas) se alimentan casi exclusivamente de plantas, y (3) las aves eran escasas y no se habían habituado a este tipo de alimento. Hipótesis: las orugas debieron expandirse en forma espectacular a fines del período Cretáceo, se produjo una superpoblación de orugas que devoró la vegetación y dejó a los dinosaurios herbívoros sin alimento. Los dinosaurios carnívoros habrían desaparecido luego, a su vez, al no tener herbívoros con los que alimentarse. Objeciones: hipótesis sin fundamento. Que las orugas causen la defoliación de toda la vegetación exige demasiada imaginación, y si los lepidópteros eran tan abundantes se encontrarían muchos de sus restos fósiles, aunque en realidad son muy escasos y comienzan a aparecer mucho después. Los ecosistemas poseen mecanismos de autorregulación, tal tipo de desajustes podría haber afectado a poblaciones locales, pero no a todos los dinosaurios y a una diversidad de otros organismos terrestres y acuáticos. Comentario: esta hipótesis fue formulada en 1962.

25. Mamíferos comedores de huevos

Dado que: (1) algunos huevos fosilizados de dinosaurios parecen haber sido abiertos y vaciados, y (2) que durante el Mesozoico existieron pequeños mamíferos nocturnos que posiblemente se alimentaran de huevos. Hipótesis: los dinosaurios se extinguieron porque sus huevos fueron devorados por Morganucodon u otros pequeños mamíferos. Objeciones: los mamíferos solamente fueron dominantes después que se extinguieron los dinosaurios, los dinosaurios habían convivido sin problemas con mamíferos durante unos 160 millones de años y no hay razones para que de pronto empezaran a devorar los huevos, solamente de dinosaurios y de todo tipo de dinosaurios. No explica por qué no desaparecieron otros reptiles ovíparos ni las aves, no explica la desaparición de las faunas marinas, como la de los ictiosaurios, que daban a luz. Los ecosistemas poseen mecanismos de autorregulación, de modo que los comedores de huevos no habrían llegado a exterminarlos, tal tipo de desajustes podría haber afectado transitoriamente a poblaciones locales, pero no a todos los dinosaurios y a una diversidad de otros organismos terrestres y acuáticos. En la actualidad hay especies que se alimentan exclusivamente con los huevos de otras, sin que pongan en peligro a las especies de cuyos huevos se alimentan. Comentario: Durante la expedición enviada a Mongolia en 1922-1925 por el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, dirigida por Roy Chapman Andrews, se encontraron numerosos huevos de dinosaurios, hallazgo que fue publicado en 1923. Algunos huevos parecían haber sido abiertos y vaciados, por lo que algunos conjeturaron que habían sido consumidos por pequeños mamíferos. Este hecho dio base a la hipótesis comentada, planteada en 1925 por Wieland, que fue muy popular durante décadas, aceptada por autoridades como Boule y Jean Piveteau. Aunque actualmente casi no tiene partidarios, la ha defendido en años recientes el norteamericano William Clemens, y Carl Sagan la recoge en su bestseller "Los Dragones del Edén": "los mamíferos dormían a intervalos durante el día y los reptiles hacían lo propio durante la noche, momento en que hasta los más inermes protomamíferos carnívoros podían suponer una amenaza real para los adormilados reptiles de sangre fría, y muy en especial para sus nidadas".

26. Parásitos Y Epidemias

Dado que: el encuentro de poblaciones humanas mucho tiempo aisladas ha producido a veces la desaparición de algunas de ellas por transmisión de parásitos y epidemias a las que no tenían defensas. Hipótesis: Al formarse nuevas rutas terrestres para las migraciones de manadas de dinosaurios, entraron en contacto poblaciones que se transmitieron parásitos y microorganismos, los que les produjeron la muerte. Objeciones: No hay evidencias fósiles que demuestren la presencia de parásitos u organismos patógenos, salvo que hubiesen afectado a los huesos, y no hay pruebas en ese sentido. Es casi imposible que tal variedad de organismos se viera afectado por las mismas epidemias o parásitos, que normalmente se limitan a pocas especies estrechamente emparentadas. Por el contrario, si varias enfermedades infecciosas atacaron en forma inespecífica a gran diversidad de dinosaurios, no se explica por qué no afectaron a otros reptiles, como cocodrilos, tortugas y lagartos. Los ecosistemas poseen mecanismos de autorregulación, tal tipo de desajustes podría haber afectado solo transitoriamente a poblaciones locales: sería muy raro que toda una sola especie desapareciera por una enfermedad, porque la selección natural actúa favoreciendo a los agentes causales impidiendo que destruyan a todos los organismos que atacan. Menos aún podría haber eliminado a todos los dinosaurios y a una diversidad de otros organismos terrestres y acuáticos. Comentario: Esta hipótesis se basa en la extinción de algunos pueblos humanos mediante epidemias tras el encuentro con otros grupos, y a la transmisión de algunas enfermedades en la fauna silvestre. En tiempos recientes, ha sido defendida por el paleontólogo norteamericano Robert ("Bob") Bakker, dentro de una hipótesis más amplia (véase hipótesis 35). Se han señalado diversos microorganismos y parásitos de los reptiles

actuales, por ejemplo en cierta ocasión numerosos reptiles del Zoológico de Londres murieron infectados por una ameba, *Entamoeba invadens*, y existe un ácaro llamado *Ophionyssus natricis* succiona la sangre de serpientes, pero no existen medios para conocer las enfermedades infecciosas o parasitarias de los dinosaurios ni la resistencia que tuvieron a las mismas.

Causas geológicas (algunas graduales, otras súbitas)

27. Aumento de la fuerza de gravedad

Dado que: como consecuencia del aumento de la masa terrestre ocurriría un aumento en la fuerza de gravedad. Hipótesis: a fines del Cretáceo aumentó la masa de la Tierra, y los dinosaurios, dado su gran volumen, no pudieron soportar el cambio, porque los transformó en animales demasiado lentos y pesados. Objeciones: esta idea carece totalmente de justificación, no hay motivos para suponer seriamente que aumentó bruscamente la masa terrestre. Por supuesto, tampoco todos los dinosaurios eran gigantes. Comentario: Esta idea no ha sido propuesta por científicos sino por divulgadores especulativos.

28. Inversión de polos magnéticos

Dado que: (1) el registro sedimentario de minerales magnéticos muestra inversiones en las orientaciones del campo magnético terrestre en rocas de la época precedente a la extinción de los dinosaurios, y (2) que durante el proceso de inversión magnética se debilita o desaparece la magnetosfera (cinturones de Van Allen) que protege el planeta de las radiaciones ionizantes. Hipótesis: la reversión de los polos magnéticos habría ocasionado la entrada de grandes cantidades de radiaciones ionizantes procedentes del Sol, produciendo muertes, aumento de las tasas de mutaciones y esterilización de la fauna, y posiblemente fluctuaciones en las constantes gravitacionales y en la composición y presión atmosféricas. Objeciones: No explica la supervivencia de otros grupos, ni la extinción de formas marinas que no habrían sido afectadas por las radiaciones. El proceso de inversión de los polos magnéticos ha ocurrido con cierta frecuencia sin asociarse a extinciones masivas. Se ha sugerido que los procesos de inversión de la polaridad magnética puedan relacionarse con impactos de meteoritos, en este caso no sería la causa pero estaría correlacionada con una causa diferente. Como la intensidad del daño por radiación es en general proporcional a la cantidad de radiación absorbida en relación a la masa corporal, se habrían afectado los pequeños animales pero no los grandes, porque estos últimos tienen menor superficie en relación a su volumen. Por lo tanto el aumento de las radiaciones ionizantes habría exterminado a los lagartos, por ejemplo, y no a los grandes dinosaurios. Comentario: En 1963, R. Uffen sugirió que los cambios de polaridad magnética terrestre se acompañarían de una disminución de los cinturones de Van Allen.

29. Destrucción de la capa de ozono

Dado que: el Cretáceo superior fue un período de alta actividad volcánica. Hipótesis: el ácido hidroclorídico presente en los gases volcánicos destruyó la capa de ozono de la alta atmósfera. Como consecuencia, desapareció el escudo protector contra la mayor parte de los rayos ultravioletas. Los mamíferos, provistos de piel peluda, las aves emplumadas y los animales que vivían bajo las aguas sobrevivieron porque estaban suficientemente protegidos. Objeciones: No explica la extinción simultánea y masiva de grupos de organismos acuáticos. Comentarios: esta hipótesis fue desarrollada por M. L. Keith, profesor de geoquímica de la Universidad de Pennsylvania.

30. Cambios climáticos por la deriva continental

Dado que: durante el Cretáceo se completó la separación de los continentes debido a la deriva continental. Hipótesis: la deriva continental transformó áreas continentales en costeras y viceversa, y los continentes se trasladaron acercándose o alejándose de los polos, lo que produjo importantes cambios climáticos, ecológicos y bióticos que llevaron a la extinción de los dinosaurios. El desplazamiento de las masas continentales separó los continentes más extensos y dividió las tierras en áreas menores, alterando las corrientes oceánicas, la circulación de los vientos y las pautas climáticas. A fines del Cretáceo el mar sufrió una gran retirada (regresión), abandonando las cuencas epicontinentales, lo cual produjo climas más extremos y estacionales, con inviernos más fríos y veranos más cálidos. Los dinosaurios habrían sido incapaces de resistir los cambios ambientales. Objeciones: aunque esta hipótesis concuerda con los hallazgos de paleontólogos que han observado el declive de los dinosaurios desde unos 10 millones de años antes del fin del Cretáceo, otros investigadores

observan una brusca desaparición exactamente al final del Cretáceo. No explica claramente la extinción simultánea de otros grupos.

31. Desbordamiento del océano ártico

Dado que: la deriva continental produjo la apertura de un Océano Ártico, hasta entonces cerrado, al entrar en comunicación con los demás océanos, produjo efectos complejos de alcance mundial. Hipótesis: los dinosaurios se extinguieron como consecuencia del desbordamiento del Océano Ártico, porque las aguas más frías y livianas del Ártico al verse sobre las aguas del Atlántico formaron una capa de agua fría sobre las aguas cálidas más pesadas y más salinas, extendiéndose por el mundo una ola de frío y sequía. Se habría producido un descenso de al menos 10 grados en la temperatura del agua oceánica a nivel mundial. Objeciones: La apertura del Océano Ártico al Atlántico se produjo durante el Eoceno, mucho después de las extinciones masivas, y se ha producido en diversas oportunidades sin correspondencia con episodios de extinción. Comentario: esta hipótesis fue formulada por Stephan Gartner y James P. McGuirk, de la Texas A & M University, y John Kearney, de la Phillips Petroleum Company.

32. Orogenia y reducción de lagunas y pantanos

Dado que: (1) como consecuencia de la deriva continental hacia fines del período Cretáceo se produjeron surgimientos de numerosas cadenas montañosas (alpinas, del Himalaya, de las Montañas Rocosas, etc.) a partir de regiones bajas, (2) durante las grandes sequías en África, se observa la mortalidad masiva de los hipopótamos. Hipótesis: los cambios en la corteza terrestre produjeron reducción en lagunas y pantanos, lo cual produjo la extinción de los herbívoros que allí vivían (saurópodos, hadrosaurios), seguida por la extinción de los carnívoros. Objeciones: actualmente se considera que los diferentes grupos de dinosaurios, incluyendo a los grandes saurópodos y a los hadrosaurios, habitaban en tierra firme, no en lagunas o pantanos, por lo tanto el modelo "hipopótamo" no es aplicable a sus formas de vida. Por otra parte, los saurópodos se habían restringido antes de fines del Mesozoico, los que vivían en el Cretáceo eran relativamente escasos, habían sido reemplazado en gran parte por dinosaurios ornitisquios. Tampoco explica la extinción de otros grupos terrestres o acuáticos.

33. Supuesto surgimiento de la luna

Dado que: la extracción de la Luna desde la cuenca del Pacífico habría causado trastornos a nivel planetario que habrían afectado drásticamente a las comunidades biológicas. Hipótesis: a fines del Cretáceo surgió la Luna desde el lecho del Océano Pacífico, produciendo grandes alteraciones planetarias que llevaron a la extinción de los dinosaurios. Objeciones: No hay evidencias que la Luna hubiese salido desde la Tierra, ni en el Cretáceo ni en ningún otro momento de la historia de la Tierra. En los corales del Devónico pueden apreciarse los efectos de las mareas sobre su crecimiento, diario, lo cual demuestra que la Luna existía 330 millones de años antes de la desaparición de los dinosaurios. Actualmente se acepta que la Luna se originó en un choque de la Tierra con un cuerpo del tamaño de Marte, muchos millones de años antes de la era de los dinosaurios.

34. Descenso del nivel del mar y desaparición de hábitats

Dado que: (1) existen registros geológicos del retroceso del mar en centenares de km. y el límite entre Cretáceo y Terciario coincide con un proceso de regresión generalizada de los océanos, que dejó al descubierto una superficie de unos 29 millones de km. cuadrados, (2) que la disminución del nivel del mar ha acompañado a muchas las extinciones masivas y que (3) la moderna biología conservacionista explica que las poblaciones declinan cuando los hábitats se reducen y fragmentan. Hipótesis: la regresión de los océanos alteró gravemente los ecosistemas: produjo una desaparición rápida de los hábitats de llanuras costeras bajas, desecó y redujo considerablemente la superficie ocupada por mares poco profundos. Al reducirse el área ocupada por los mares disminuyó el volumen de vegetación marina fotosintetizadora, aumentando la concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera, y haciendo al clima más cálido y variable (efecto invernadero, ver hipótesis 15). Objeciones: no explica claramente todas las pautas de extinción y sobrevivencia. Algunos investigadores suponen que por el contrario, hacia fines del Cretáceo el nivel del mar subió (lo cual habría causado la extinción!). Comentario: Esta hipótesis fue defendida por T. J. M. Schopf en 1983. Calcula que se produjo un descenso en 150 a 200 m en el nivel del mar, drenando los mares epicontinentales y cortando el curso de los ríos, lo que habría reducido los hábitats disponibles para los dinosaurios. Otro defensor de esta hipótesis es David Archibald, paleontólogo experto en mamíferos. Las influencias en las extinciones

masivas de los cambios en el nivel del mar fueron estudiadas por Dave Jablonski y Karl Flessa. Concluyeron que si se eliminaran las plataformas submarinas actuales, desaparecería un 13% de las familias, lo cual queda bajo el nivel de extinción de las extinciones masivas. Se sabe que durante el Oligoceno los océanos se redujeron a uno de sus niveles más bajos durante cinco millones de años, sin que se produjera una mayor extinción en la biota marina. En 1989 A. Hallam, sin embargo, reconoció que los descensos en el nivel del mar están asociados generalmente a las extinciones masivas.

35. Caos ecológico por factores geográficos

Dado que: (1) los cambios geográficos en la posición de los continentes y el cambio en el nivel de los mares hizo posible el encuentro de diversas especies de dinosaurios a fines del Cretáceo, y que (2) cuando en la actualidad se transportan animales repentinamente desde un continente a otro se producen grandes alteraciones ambientales. Hipótesis: Las condiciones geográficas de fines del Cretáceo permitieron migraciones masivas de los dinosaurios, que se desplazaron desde un continente a otro causando el caos ecológico al llevar enfermedades y parásitos, competir con otras especies por el alimento, y recibir el impacto de nuevos depredadores. Objeciones: De acuerdo con el modelo de deriva continental vigente, los continentes se fueron separando gradualmente, el mayor contacto de especies se habría producido durante el Triásico, no a fines del Cretáceo. Es difícil creer que hubo un encuentro de dinosaurios a nivel planetario con consecuencias fatales para todas las especies. En los casos conocidos de intercambios faunísticos masivos, como por ejemplo el que ocurrió entre Norte y Sudamérica durante el Plio-Pleistoceno, muchas especies de mamíferos se extinguieron, pero solo cuando fueron desplazadas por otras equivalentes. Comentario: Esta hipótesis ha sido defendida recientemente por el paleontólogo Robert ("Bob") Bakker, del Casper College en Wyoming.

36. Desplazamiento del eje rotacional de la tierra

Dado que: El desplazamiento del eje rotacional de la Tierra causaría cambios drásticos en las condiciones ambientales del planeta. Hipótesis: El desplazamiento del eje rotacional de la Tierra pudo haber causado la extinción de los dinosaurios y de un conjunto de otros organismos marinos o terrestres, a nivel planetario. Objeciones: Carece de un fundamento serio. Comentario: En la década de 1960, el Dr. James Heirtzler, de la Universidad de Columbia, y algunos otros investigadores sugirieron que algunos acontecimientos catastróficos, por ejemplo terremotos importantes, períodos de formación de montañas y cambios radicales del clima a nivel mundial, se pueden relacionar de una forma compleja con grandes cambios en el giro de la Tierra. La idea del cambio del eje de rotación terrestre es defendida frecuentemente por los divulgadores de especulaciones pseudocientíficas, seguidores entusiastas del libro "Mundos en Colisión", publicado en 1950 por Immanuel Velikovsky, quien mezclando el misticismo con la ciencia buscaba una explicación astronómica a los sucesos bíblicos y a otras tradiciones antiguas. De acuerdo con estas personas, las "pruebas" del cambio en el eje de rotación terrestre, son por ejemplo, el Libro de Josué sobre la detención del Sol, una tradición andina recogida por Zecharia Sitchin según la cual el Sol desapareció durante 20 horas durante el reinado de Titu Yupanqui Pachacuti II y una supuesta tradición de los indios hopi, que habla concretamente de la desviación del eje de la Tierra. Desde luego, no podría haber ninguna relación entre tradiciones históricas con la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años, pero normalmente estos partidarios del "realismo fantástico" adhieren a cualquier explicación heterodoxa, más aún si se opone a las ideas de la "ciencia tradicional", por ejemplo que la Tierra tiene 4.000 años y que coexistieron seres humanos y dinosaurios.

37. Grandes erupciones volcánicas

Dado que: (1) hacia fines del Cretáceo un rift gigante separó el lado occidental de la India derramando casi 1.300 km. cuadrados de lava en menos de 500.000 años, en la zona denominada meseta Decán; que (2) disperso por todo el planeta existe un "nivel negro" rico en iridio (mineral pesado que se encuentra en el interior de la Tierra) y que contiene hollín, y dado que (3) la extinción de los dinosaurios fue seguida por un breve dominio de los helechos, y se producen actualmente aumentos similares de helechos tras la erupción de un volcán. Hipótesis: una enorme erupción volcánica en la zona de Decán alteró la climatología y ecología del planeta, produjo una densa nube de polvo y cenizas que cubrió el Sol y extinguió a los vegetales, y provocó un fuerte descenso de la temperatura, llevando a la extinción de los dinosaurios y otros grupos. Las nubes de anhídrido carbónico y las emisiones de gases sulfurosos y diversos ácidos pudieron envenenar la atmósfera y los mares, produciendo el recalentamiento de la superficie terrestre (ver hipótesis 15), lluvia ácida letal y destrucción de la capa de ozono (ver hipótesis 29). Las erupciones descargaron grandes cantidades de ácido clorhídrico a la atmósfera, que fue dividido por la luz solar desprendiéndose cloro, gas altamente reactivo que dañaría o

destruiría a la capa de ozono. La eliminación de la pantalla de ozono permitió que la radiación ultravioleta destruyese a los animales terrestres y al plancton marino. El polvo volcánico impregnado con selenio habría producido una fuerte disminución de la natalidad de dinosaurios herbívoros (ver hipótesis 13). Los mamíferos habrían estado protegidos por su pelaje y las aves por sus plumas, los animales de los fondos marinos también habrían tenido protección suficiente, pero no los dinosaurios. Objeciones: el registro de sedimentos volcánicos de la época es escaso, el nivel negro con alto contenido en iridio puede tener también un origen extraterrestre y la cantidad de iridio encontrada se considera demasiado alta como para provenir de erupciones volcánicas. Según algunos estudios, la actividad volcánica de Decán se inició al menos 400.000 años antes y prosiguió unos 400.000 años después del depósito de iridio. Comentario: Uno de los principales partidarios de esta hipótesis es el geofísico francés Vincent Courtillot. Para Courtillot, las erupciones volcánicas en la zona de Decán hacia el fin del período Cretáceo fueron de tal envergadura que las capas de lava cubren extensiones de 10.000 Kilómetros cuadrados, un volumen superior a los 10.000 kilómetros cúbicos y un espesor de 2.400. Mediante medición paleomagnética, Courtillot pudo establecer que las lavas de Decán fueron lanzadas por cráteres volcánicos hace entre 64 y 68 millones de años, lo cual coincide con el paso del Cretáceo al Terciario. En 1985, los geólogos Charles B. Officer y Charles L. Drake, del College Dartmouth, llegaron a la conclusión que el iridio y otros elementos pesados se depositaron lentamente durante entre 10.000 y 100.000 años, y que diversas pruebas sugieren un origen volcánico y no meteorítico de los mismos.

38. Evolución Planetaria

Dado que: (1) en nuestro planeta se reconocen procesos cíclicos que se autorregulan, (2) que las extinciones masivas parecen producirse en forma cíclica, y que (3) los mismos factores ambientales parecen estar asociados a diversos episodios de extinción. Hipótesis: Las extinciones masivas se desencadenan por procesos de origen endógeno, causadas por la propia evolución del planeta. Objeciones: es difícil reconocer factores comunes a todas las extinciones masivas y pronunciarse sobre la secuencia de las perturbaciones. Comentario: Esta hipótesis fue propuesta por el ecólogo Ramón Margalef en 1993 (en J. Agustí, 1996), que la llama "la sombra oscura de Gaia". La extinción sería provocada por cambios climáticos derivados del estancamiento y la estratificación de las aguas continentales y parte de las oceánicas, que acumularían grandes reservas de anhídrido carbónico en aguas profundas, bajo presión hidrostática. Diversas circunstancias, entre ellas el impacto de un asteroide que sería en este caso un factor secundario, provocarían una súbita explosión química del océano y un rápido efecto invernadero a nivel atmosférico.

39. Cambios en las concentraciones de elementos traza

Dado que: las cantidades excesivas o las deficiencias de ciertos elementos metálicos traza, tales como el cobre o el cobalto, son deletéreas para los organismos. Hipótesis: a fines del Cretáceo se produjo una alteración en las concentraciones de elementos metálicos traza a nivel planetario, afectando a los dinosaurios. Objeciones: Esta hipótesis supone que el exceso o la deficiencia de estos elementos debió ocurrir simultáneamente en el mar y en la tierra y que las concentraciones letales de los iones metálicos se hayan difundido por todo el planeta más rápidamente que lo que puedan haber sido concentrados o removidos de la circulación. Se considera poco probable que ocurran variaciones significativas a nivel planetario de estos elementos a través del tiempo o el espacio y que tales variaciones sean suficientes como para producir efectos biológicos a escala mundial. Comentario: Esta hipótesis fue propuesta por el geólogo M. J. Salmi, de Finlandia, y Preston E. Cloud, Jr., de la Universidad de Minnesota a inicios de la década de 1960.

Causas astronómicas (extinción súbita)

40. Nube de polvo y de gas interestelar

Dado que: en su giro alrededor de la Vía Láctea el Sistema Solar pudo atravesar nubes densas de polvo interestelar y de gases. Hipótesis: al atravesar el Sistema Solar por una densa nube de polvo interestelar situada en el plano medio galáctico, se redujo la radiación solar que llega a la Tierra, se oscureció el cielo durante un cierto tiempo, produciendo la muerte por frío de los animales ectotermos y la destrucción de la flora por falta de fotosíntesis, seguida por la destrucción de los herbívoros y consecuentemente de los carnívoros. En el paso a través de nubes gaseosas la Tierra habría adquirido grandes cantidades de hidrógeno molecular, los que al reaccionar con los compuestos químicos de la alta atmósfera formarían vapor de agua condensado en nubes, y las nubes reflejarían la radiación solar reduciendo las temperaturas superficiales. Mantenido durante varios miles de años, el proceso llevaría a una glaciación, causante de extinciones masivas. Objeciones: no hay ninguna

evidencia para suponer que el Sistema Solar atravesó una nube de polvo interestelar. Las nubes de polvo interestelar no parecen ser suficientemente densas como para ocultar significativamente al Sol. Los geólogos no reconocen la existencia de algún período glacial a fines del Cretáceo.

41. Vulcanismo Lunar

Dado que: Las rocas de fines del Cretáceo presentan gran abundancia de microtectitas, diminutas esferas cristalinas de origen volcánico. Hipótesis: al final del período Cretáceo la actividad volcánica en la Luna envió hacia la Tierra una lluvia de estas partículas, que al penetrar en la atmósfera terrestre bloquearon la luz solar en un grado suficiente como para provocar un enfriamiento global que supuso el golpe de gracia para los dinosaurios. Objeciones: las evidencias son débiles. No explica las pautas de extinción. Comentario: Esta hipótesis fue planteada por el John A. O'Keele, experto de la NASA, según el cual una erupción lunar que arrojase unas 25.000 millones de toneladas de ceniza podría haber formado un anillo alrededor de la Tierra, deteniendo en parte la luz solar.

42. Explosión De Una Supernova

Dado que: (1) hace 65 millones de años la distancia del Sol al plano medio de la galaxia estaba casi en su máximo lo cual lo habría podido exponer a niveles más altos de radiación cósmica procedente de estrellas Supernovas, y (2) si explotase cerca del Sistema Solar una estrella Supernova, la densidad de las radiaciones cósmicas (núcleos de átomos, protones, electrones, rayos gamma y rayos X), aumentaría entre 10 y 100 veces los niveles actuales, y se formaría una onda expansiva magnética, alterando la vida en la Tierra. Hipótesis: la explosión de una supernova en las cercanías del Sistema Solar destruyó la capa de ozono y permitió el paso de radiaciones aumentando la tasa de mutaciones y producido esterilidad en todos los grandes animales, mientras que los animales de menor tamaño, que podrían haberse ocultado, los de vida nocturna como los mamíferos y los que vivían en aguas profundas, habrían sobrevivido sin problemas. La turbulencia generada afectó la capacidad de retención del calor atmosférico y el aire bajo saturado de agua se desplazó hacia zonas altas donde se formaron cristales de hielo que desviaron los rayos solares provocando un fuerte descenso de la temperatura de todo el planeta. La capa de iridio en el límite Cretáceo/Terciario derivaría de la explosión de la supernova. El efecto habría sido especialmente importante si hubiese coincidido con un período de inversión del campo magnético terrestre. Objeciones: Si hubiese explotado una supernova, en las arcillas del límite Cretáceo/Terciario debería existir un cierto contenido de Plutonio-244, que no existe. Los isótopos de iridio ($Ir191/Ir193$) presentes en la capa indicada son los típicos del Sistema Solar, por lo tanto no derivan de una Supernova. Para explicar la alta concentración de iridio en las muestras examinadas, la estrella debería haber explotado en las cercanías del Sistema Solar, en un radio de 100 años-luz, y en tal caso deberían existir evidencias bajo la forma de una nebulosa. Como tal evidencia no existe, esta hipótesis es insostenible. Como la intensidad del daño por radiación es en general proporcional a la cantidad de radiación absorbida en relación a la masa del animal, se habrían afectado más los pequeños animales que los grandes, que tienen menor superficie en relación a su volumen. Los dinosaurios presentaban variadas dimensiones, pero en general eran mayores que los reptiles sobrevivientes. Comentario: Esta hipótesis fue propuesta por I. S. Shklovskii, del Instituto de Investigación Cósmica de la Academia de Ciencias de Moscú, y entre 1969 y 1971 desarrollada nuevamente por Dale Russell, del Museo de Historia Natural de Ottawa, Canadá, el Dr. K. D. Terry, de la Universidad de Kansas y el físico Wallace H. Tucker, de Boston. En la década de 1980 fue defendida por Melvin Rudelman, de la Universidad de Illinois, y por Paolo Maffei, del Observatorio Astronómico de Catania, Italia. El famoso escritor francés J. Bergier afirmó en 1972 que los dinosaurios fueron extinguidos por extraterrestres creando una supernova, con el objeto de hacer posible la aparición del ser humano incrementando la vida inteligente en el Universo (!).

43. Actividad Solar Intensa

Dado que: (1) el Sol experimenta cambios en su actividad asociados a grandes turbulencias y manchas solares, y (2) que la mayor actividad solar incrementa la sobre la Tierra la radiación electromagnética de alta frecuencia (rayos ultravioleta, rayos X, etc.). Hipótesis: un incremento inusual de la actividad solar pudo provocar la muerte o esterilidad de diversos organismos terrestres. Objeciones: Sin fundamento. Comentario: El papel del Sol en las extinciones masivas se ha postulado desde 1930. Se ha calculado que una pequeña reducción de la constante solar cubriría la Tierra de hielo y un pequeño aumento la convertiría en un desierto inhabitable. K. D. Terry y Wallace H. Tucker han calculado que el Sol emitiría radiaciones ionizantes súbitas cada 60 millones de años. Sin embargo, el estudio de formaciones rocosas llamadas formaciones de Elatina ha permitido conocer los ciclos solares desde hace 680 millones de años, concluyéndose que los ciclos de actividad solar se han mantenido

prácticamente sin variaciones. Los principales ciclos se alternan cada 11 años y hay ciclos adicionales de menos años.

44. Impacto de un meteorito

Dado que: (1) disperso por todo el planeta existe un “nivel negro” rico en iridio (mineral pesado que se encuentra en cuerpos extraterrestres), en concentraciones entre 10 y 100 veces superiores a las habituales, que esta capa muy rica en iridio se localiza en toda la superficie de la Tierra, mientras que el metal es muy raro en la corteza terrestre, (2) que contiene granos de cuarzo y otros minerales con finas estrías cruzadas, con evidencias de haber sufrido una presión elevada, como las que se encuentran en rocas sometidas a una colisión violenta, y microtectitas alteradas. Dado que además (3) se encontró un cráter de 280 km. de diámetro en el límite C/T en la península de Yucatán en México, correspondiente a una cadena semicircular “casi perfecta” de agujeros que parecen corresponder con el piso de un cráter gigantesco, que ha sido llamado Chicxulub, que (4) hay evidencias de depósitos producidos por grandes tsunamis en la misma época en Texas, México, Haití y otros sitios de la cuenca del Caribe, (5) que el geólogo Alan Hildebrand encontró en Haití pequeñísimas estructuras de roca vitrificada denominadas tectitas en la capa arcillosa correspondiente al límite Cretáceo/Terciario, lo que indica que en las cercanías se produjo un impacto y (6) que en un estudio de hojas fosilizadas en Wyoming se encontró que todas las plantas de tierra y mar murieron aproximadamente al mismo tiempo por congelamiento. Hipótesis: un meteorito de unos 10 km. de diámetro impactó sobre la Tierra hace 65 millones de años a una velocidad de 25 km./seg., provocando un “invierno nuclear”. Primero los restos incandescentes caídos sobre los bosques y pastizales provocaron incendios que abarcaron más del 70% de los continentes, interrumpieron la fotosíntesis y redujeron prácticamente a cero el índice de oxígeno, siguieron fuertes vientos, lluvias torrenciales, huracanes y terremotos. Luego ascendió una densa nube formada por una mezcla de vapor de agua, gases liberados, polvo, residuos rocosos y elementos metálicos, cuyos componentes volátiles, suspendidos en el aire y mezclados con el humo provocado por la fricción del meteorito con la atmósfera, envolvieron al planeta en una gigantesca nube impenetrable que se extendió por toda la estratosfera, impidiendo el paso de los rayos solares. Esto dio lugar a un fuerte descenso de la temperatura, que en todo el mundo cayó desde un promedio de 19°C a 10 grados bajo cero. Los lagos se congelaron y miles de especies de plantas perecieron. La nube pudo mantenerse durante meses o años, produciendo la muerte de la vegetación, seguida por los herbívoros y carnívoros. Los más capacitados para sobrevivir fueron los animales de menores dimensiones, carroñeros y oportunistas (mamíferos, lagartos, cocodrilos, ofidios), los más perjudicados fueron los más corpulentos y especializados. A medida que se depositó el polvo y comenzó a llover, subió la temperatura, dando lugar a una alta evaporación y produciendo un efecto invernadero, lo cual aumentó la temperatura y afectó al plancton, muy sensible al calor, produciendo el derrumbe de las comunidades marinas. Los organismos que forman el nanoplancton calcáreo emiten un compuesto de azufre que ayuda a la formación de nubes, que a su vez reflejan la luz solar evitando que parte de la radiación del Sol alcance la superficie terrestre. La reducción de estas nubes, como consecuencia de la destrucción del nanoplancton, pudo haber causado una ola de calor extremo a nivel planetario. Objeciones: El aumento del nivel de iridio puede explicarse también por emisiones volcánicas (ver hipótesis 37). El aumento de iridio se encuentra en varias franjas separadas por medio millón de años como máximo y es poco probable que la Tierra fuese golpeada en ese período por una serie de meteoritos. Aparentemente los grupos no desaparecieron en forma instantánea en todo el mundo, habrían desaparecido en forma gradual. Los belemnites e ictiosaurios habían desaparecido mucho antes del límite C/T, y la mayoría de los otros grupos estaban en lenta decadencia. La hipótesis del impacto no explica con claridad las pautas de extinción y sobrevivencia selectiva de diferentes grupos. Existen registros de impactos de grandes asteroides sobre la Tierra que aparentemente no causaron grandes daños, por ejemplo el cráter Manicouagan, en Canadá, se formó por el impacto de un asteroide de unos 10 km. a fines del Triásico, sin embargo las extinciones triásicas ocurrieron en dos oleadas sin presencia de iridio, y el cráter de Popigai, en Siberia, fue causado por un impacto aún mayor hace 40 millones de años, sin presencia de iridio ni extinciones. Comentario: Esta hipótesis, considerada en un principio como una fantasía por la mayoría de los especialistas, ha ido ganando cada vez más adeptos. En 1978, mientras realizaban un estudio geológico rutinario, Walter Alvarez, Frank Asaro y Helen V. Michel encontraron en la región de Gubbio, Italia, una cantidad inesperada de iridio en el límite entre los períodos Cretáceo y Terciario. Partiendo de la base de que el iridio es muy raro en la Tierra, pensaron que podían averiguar la velocidad de acumulación de la arcilla detectando el iridio proveniente de la lluvia de micrometeoritos o polvo cósmico que bombardea continuamente el planeta. Al analizar la arcilla encontraron que la cantidad de iridio era comparable a la depositada durante 500 mil años en el resto de la roca. Descartando diversas explicaciones posibles llegaron a formular la idea de un gran impacto proveniente del espacio, idea que propusieron formalmente en 1980 el físico Luis Alvarez y su hijo Walter, geólogo, ambos de la Universidad de California. Todavía en 1990, Walter Alvarez y Frank Asaro decían que “la investigación

tiene una espina: nadie ha hallado ese cráter de 150 kilómetros que el impacto de un objeto de lo kilómetros debería haber producido". En la misma época, Alan Hildebrand, que buscaba huellas del meteorito en el Caribe, decía que "fuera donde fuese que el cráter estuvo, la deriva continental pudo haberlo hecho desaparecer. Es posible que la teoría del impacto nunca pueda ser probada más que por evidencias indirectas". Sin embargo, en 1978 el geofísico Glen Penfield, empleado por la compañía petrolera Pemex para realizar estudios paleomagnéticos en el Yucatán, encontró anomalías magnéticas que lo llevaron a concluir que en la zona de Puerto Chicxulub había hecho impacto en tiempos prehistóricos un meteorito gigante. Penfield no pudo informar acerca de su hallazgo, porque la empresa Pemex se lo impidió hasta que se iniciara la explotación de petróleo en la zona. Cuando en 1981 pudo hacerlo durante un congreso de geólogos, no estaban presentes los principales especialistas en cráteres prehistóricos que conocían la propuesta de Alvarez, porque habían concurrido a otra reunión científica, y nadie relacionó el informe de Penfield con la hipótesis sobre la extinción de los dinosaurios hasta varios años más tarde. Geólogos de todo el mundo hallaron numerosas pruebas de que el iridio y otros elementos raros en la Tierra abundaban en la capa intermedia entre el Cretáceo y el Terciario y se fueron acumulando numerosas y diversas pruebas en favor de la hipótesis. En 1980, Richard P. Turco y Owen Brian Toon, con la ayuda de grandes computadoras, demostraron que el polvo levantado por la caída de un cuerpo de 10 kilómetros oscurecería completamente la atmósfera durante varios meses.

45. Impacto De Un Cometa

Dado que: si un cometa del tamaño del cometa Halley hubiese chocado con la Tierra habría producido serios trastornos ambientales. Hipótesis: el impacto de un cometa sobre la Tierra produjo una enorme explosión nuclear, un rápido aumento de la temperatura y liberado posiblemente cianuro, veneno que se encuentra en la cabeza cristalina de algunos cometas, produciendo la muerte de los dinosaurios. Objeciones: no hay evidencias que permitan suponer el choque de un gran cometa con la Tierra a fines del Cretáceo. Puesto que los cometas tienen una baja densidad y están formados fundamentalmente de hielo, es difícil que pudiese contener la cantidad de iridio y otros minerales siderófilos, que sí podría contener un meteorito o salir del interior de la tierra mediante erupciones volcánicas. Comentario: esta hipótesis fue planteada en 1975 por el geoquímico premio Nobel Harold Urey, quien sugirió que habría impactado con la Tierra un cometa del tamaño del Halley. Fue apoyado en 1979 por Kenneth J. Hsü, del Instituto Geológico de Zurich, quien agregó la posibilidad de que el cianuro presente en el cometa envenenara las aguas y eliminara el plancton. Ha recibido posteriormente apoyo por parte de los partidarios de la idea de que las extinciones masivas han sido fenómenos producidos a intervalos regulares.