



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
*Facultad de Ciencias Experimentales*

# **Evolución biológica y principales eventos geológicos durante el Jurásico**

**Alumno/a: José Fernández Muñoz**

**Febrero, 2022**



UNIVERSIDAD DE JAÉN



## Trabajo Fin de Grado

# Evolución biológica y principales eventos geológicos durante el Jurásico

**José Fernández Muñoz**

**Jaén a 22 de febrero de 2022**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN Y ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. EL JURÁSICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Historia y subdivisiones.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Estratigrafía.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Escala de tiempo.....</b>	<b>8</b>
<b>3. PALEOGEOGRAFÍA, PALEOCLIMA Y NIVEL DEL MAR.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Paleogeografía.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Paleoclima.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3. Cambios del nivel del mar.....</b>	<b>11</b>
<b>4. PRINCIPALES EVENTOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1. Límite Triásico-Jurásico.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Evento Anóxico Oceánico del Toarciense (evento Jenkyns).....</b>	<b>13</b>
<b>4.3. Eventos magmáticos y de impacto.....</b>	<b>14</b>
<b>5. EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DURANTE EL JURÁSICO.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. Plantas.....</b>	<b>16</b>
5.1.1. Extinción del final del Triásico.....	16
5.1.2. Composición de la flora del Jurásico.....	16
<b>5.2. Hongos.....</b>	<b>19</b>
<b>5.3. Animales.....</b>	<b>20</b>
5.3.1. Composición de la fauna del Jurásico.....	20
5.3.2. Invertebrados.....	20
5.3.3. Peces.....	23
5.3.4. Anfibios.....	24
5.3.5. Reptiles y dinosaurios.....	25
5.3.6. Mamíferos.....	34
<b>6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>

## RESUMEN Y ABSTRACT.

El presente Trabajo de Fin de Grado se fundamenta en la recopilación de información y conocimiento acerca de uno de los ámbitos más populares de la biología, la **evolución**, en el que puede ser probablemente el espacio de tiempo geológico más reconocido por la sociedad general, el **Periodo Jurásico**. No es pues, un concepto de reciente estudio. Debido a dicha popularidad, la inserción de investigaciones de la máxima actualidad como lo es el Evento Anóxico Oceánico del Toarciense (Evento Jenkyns), en referencia a los **eventos geológicos** más relevantes, o la inclusión del clado hongos; se corresponde con la relevancia del propio proyecto. La estructura con la que se desarrolla el contenido es la de exponer en un primer lugar brevemente el contexto del Jurásico, desglosado en diferentes ámbitos que junto a las explicaciones de los eventos geológicos, sirven como base sobre la que enumerar a continuación, los sucesivos **clados**; su aparición, su desaparición, su auge, su decadencia, etc. Para finalizar, se dedica un espacio a conclusiones y algunas reflexiones acerca de cómo se podría volver a revisar el tema en un futuro.

Conceptos clave: evolución, Periodo Jurásico, evento geológico, clado.

The present end-of-grade project is based in an integration of information and knowledge about one of the most popular issues regarding biology, the **evolution**, included in, probably, the geologic period most recognized by society in general, the **Jurassic Period**. Because of that, this is not a modern research. Debt to that popularity, the inclusion of trendy investigations like; the Toarcian Oceanic Anoxic Event (Jenkyns Event), regarding the main geological events, or the incorporation of the fungi kingdom; are relevant on the project's value. The structure that the content follows is: firstly, to show the Jurassic context along with different scientific topics and the **geologic events**, and secondly, an enumeration of successive **clades** and their situations. This organization works by supporting the second portion on the first one. Finally, some space is dedicated to conclusions and some ideas about how reviewing this topic in the future could be interesting.

Keywords: evolution, Jurassic Period, geologic event, clade.

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**

El estudio de este tema es relevante debido al continuo torrente de artículos, libros, estudios, revisiones... de carácter paleontológico acerca del Jurásico. Entender las corrientes de pensamiento tradicionales y añadirles o sustituirlas por nuevo conocimiento es fundamental para el funcionamiento de la ciencia.

Es por esto que el objetivo principal de este trabajo es el de recopilar bibliografía acerca del tema a tratar para así aunar en un único proyecto el máximo conocimiento posible, conociendo desde un principio la exigencia que supone la enorme síntesis a realizar debido al límite de páginas disponibles.

La siguiente meta estaría en reservar un espacio a taxones de la biología que tradicionalmente son poco mencionados, tal es el caso del reino Fungi (hongos) o de líneas evolutivas paralelas a las más conocidas; como por ejemplo, la familia Herrerasuidea respecto de los dinosaurios terópodos (Blount y Crowley, 2013).

Por último, ofrecer tras la explicación de los grupos biológicos, una serie de figuras que ilustren el texto y simplifiquen su comprensión (por ejemplo las figuras 5.2, 5.6 o 5.9).

Para lograr esos tres objetivos tal y como está concebida la investigación, el método seguido es el de buscar de entre diferentes fuentes de información y de bases de datos las publicaciones existentes referentes al tema en cuestión; algunos ejemplos de estas serían ScienceDirect, Climatearchive.org, base de datos de la Biblioteca de la Universidad de Jaén, Dialnet o ResearchGate.

## **2. EL JURÁSICO.**

### **2.1. Historia y subdivisiones.**

El Jurásico es un periodo geológico comprendido en la Era Mesozoica del eón Fanerozoico, comienza tras el final del Triásico hace unos 201 millones de años y finaliza hace aproximadamente 145 millones de años, comenzando así el Periodo Cretácico (Figs. 2.1 y 2.2) (Gradstein et al., 2012). Es el segundo periodo más extenso de su era, con 56 millones de años. El nombre procede del Macizo del Jura de los Alpes, allí se describieron por primera vez rocas de este periodo.

Históricamente, el Jurásico comienza tras la extinción masiva del final del Triásico y el inicio de la separación de Pangea en Gondwana y Laurasia (Vajda et al., 2016), ambos sucesos serán posteriormente desarrollados. El final del Jurásico, sin embargo, no tiene un límite claro con el Cretácico ya que no hay “eventos globales” en esta transición de modo que no ha sido posible encontrar marcadores bioestratigráficos, geoquímicos o de otra naturaleza de carácter interregional que permitan su correlación a gran escala y es el único límite entre periodos geológicos que no ha sido definido formalmente (Hesselbo et al., 2020).

Este periodo se fracciona en tres épocas geológicas: Inferior, Medio y Superior. Las cuales se subdividen a su vez en 11 edades geológicas en total, con una media de duración de alrededor de 5 millones de años. Primeramente el Jurásico Inferior se divide en 4 edades (Hettangiense, Sinemuriense, Pliensbachiense y Toarciense), el Jurásico Medio en (Aalenense, Bajociense, Bathoniense y Calloviense) y el Jurásico Superior en tres más (Oxfordiense, Kimmeridgiense y Titoniense (Fig. 2.2) (Gradstein et al., 2012); (Hesselbo et al., 2020).

## **2.2. Estratigrafía.**

La estratigrafía está sustentada sobre los marcadores o puntos GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point) lo que se traduce como; los puntos globales que determinan un estratotipo. Es decir, los puntos dentro de un corte estratigráfico que marcan los límites entre un espacio de tiempo y sus periodos anteriores y posteriores (Fig. 2.2).

Hay diferentes formas de encontrar dichos puntos críticos y la más útil es la bioestratigrafía. Esto es, la existencia en las rocas sedimentarias de diferentes especies de fósiles características principalmente ammonoideos o belemnoides en el caso del Jurásico (Fig. 2.1) (Hesselbo et al, 2020).

Por tanto, sabiendo la edad de un fósil característico, también se conoce la edad del estrato. Así pues, encontrando especies como *Quenstedtoceras lamberti* y *Quenstedtoceras mariae* se logra diferenciar entre Jurásico Medio y Jurásico Superior respectivamente (Hesselbo et al, 2020). Otro ejemplo sería el estudio de *Pleydellia aalensis* y *Leioceras opalium* para encontrar el límite entre el Jurásico Inferior y el Jurásico Medio. Además de con ammonites, es posible utilizar otras

especies características como pliosaurios, ichtiosaurios, plesiosaurios, foraminíferos, fitoplancton y por supuesto organismos terrestres, dinosaurios, polen o esporas de plantas, etc. (Hesselbo et al, 2020).

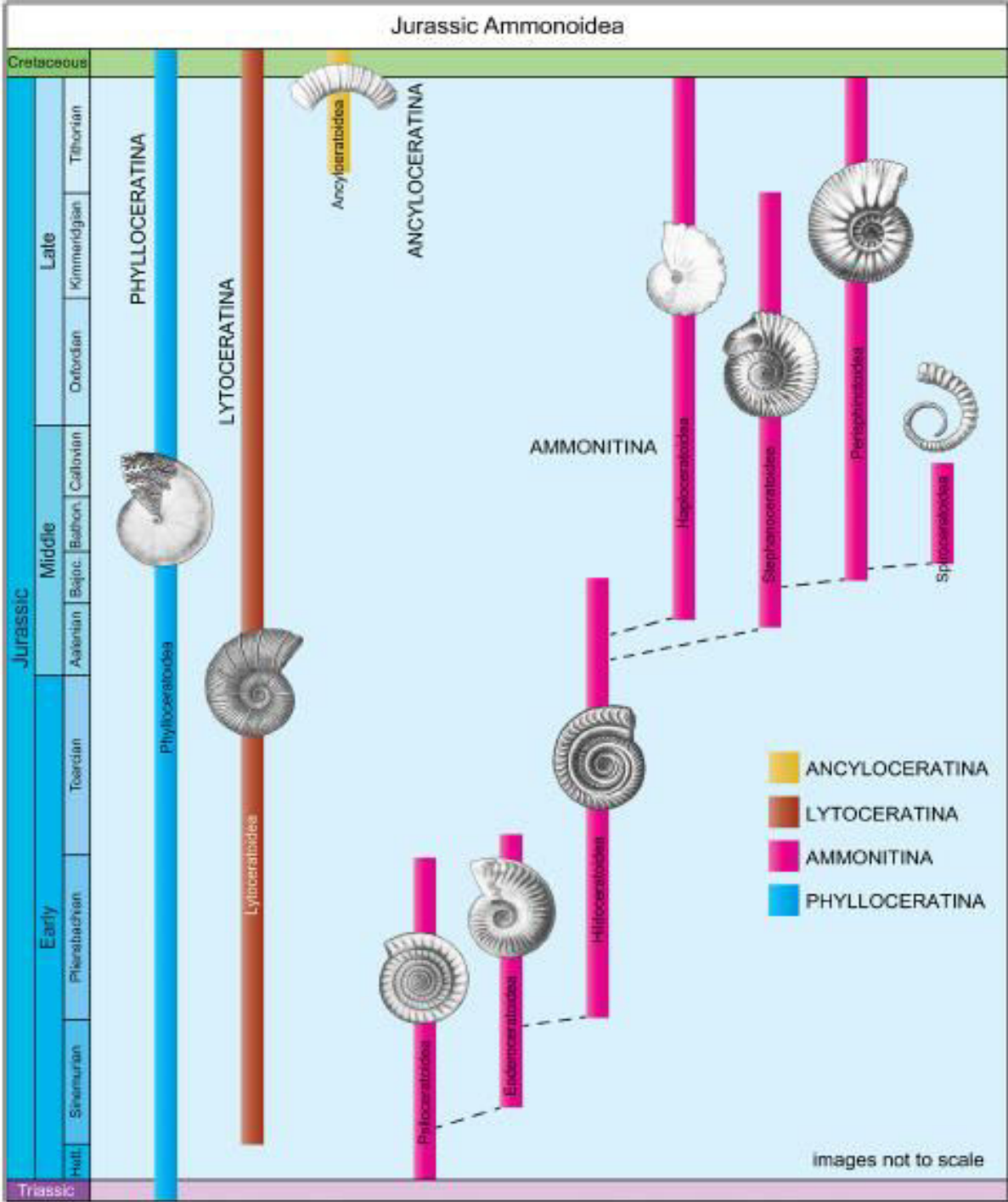


Figura 2.1; Diversidad de ammonoideos y su distribución estratigráfica (Hesselbo et al., 2020); (Gradstein, 2020).

## 2.3. Escala de tiempo.

Eón	← Fanerozoico →												
Éra	← Mesozoico →												
Periodo	Jurásico												
Época	Inferior/temprano				Medio				Superior/tardío				
Edad	Triásico	Hettangliense	Sinemuriense	Pliensbachiense	Toarciense	Aalenliense	Bajociense	Bathonliense	Calloviense	Oxfordliense	Kimmeridgiense	Titoniense	Cretácico
M. de años	201.3 ± 0.2	199.3 ± 0.3	190.8 ± 1.0	182.7 ± 0.7	174.1 ± 1.0	170.3 ± 1.4	168.3 ± 1.3	166.1 ± 1.2	163.5 ± 1.0	157.3 ± 1.0	152.1 ± 0.9	145.0 ± 0.8	
Puntos GSSP	<i>Psiloceras spelae</i>				<i>Pleydellia aalensis</i>   <i>Leioceras opalinum</i>				<i>Q. lamberti</i>   <i>Q. mariae</i>   <i>Calpionella alpina</i>				

Figura 2.2; Escala de tiempo de las épocas y edades jurásicas. Modificado de (Hesselbo et al, 2020).

## 3. PALEOGEOGRAFÍA, PALEOCLIMA Y NIVEL DEL MAR.

### 3.1. Paleogeografía.

La geografía de comienzos del Jurásico muestra una disposición continental donde la mayoría de las masas terrestres se encuentran ensambladas, en lo que se conoce como el supercontinente Pangea (por ejemplo. Parrish, 1993; Marzoli et al., 1999). Dicha masa continental sufrirá durante el Jurásico su fragmentación en dos nuevos supercontinentes, Laurasia y Gondwana (Hesselbo et al., 2020). Sucesivamente Gondwana se dividirá de nuevo en las masas continentales de Suramérica y la Antártida y por otro lado la masa de África y Australia. El origen de dichas divisiones se debió principalmente a la acción del magmatismo en las provincias magmáticas del Atlántico central y de Karoo-Ferrar.

Con respecto a la paleo-oceanografía, encontramos en principio el océano Pantalasa que cubría alrededor de la mitad del planeta, por otro lado el mar de Tetis que se encontraba entre el bloque de África-India-Australia y el sur de Eurasia. Durante el Jurásico Inferior y debido a la subducción de placas tectónicas, el antiguo



mar de Tetis se estrecharía (Song et al., 2021) y con el paso del tiempo, se cerraría definitivamente (Michalík, 2009) y con la separación de Pangea se originaron los océanos Pacífico y Atlántico (Takashima et al., 2006).

### 3.2. Paleoclima.

El clima del Jurásico es por lo general más cálido, entre 5 y 10 grados, más que la actualidad (Sellwood y Valdes, 2008). Lo que significa que alrededor del ecuador de Pangea los desiertos eran aún más extremos y que únicamente habría nieve en los polos puntualmente (Fig. 3.1) debido a la temperatura y a que durante los veranos polares hay estaciones enteras de luz perpetua, no se tiene evidencia científica de acumulaciones de capas de hielo (Fig. 3.1) (Sellwood y Valdes, 2008). La concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico era cuatro veces más que hoy día (Sellwood y Valdes, 2008); (Vajda et al., 2016), conociendo esto se intuye el fuerte efecto invernadero que reinaba en la época, sin llegar a temperaturas tan altas como las del principio del Triásico o mediados del Cretácico. Coincidiendo con el final del Jurásico Inferior ocurriría el Evento Jenkyns, suponiendo esto un cambio climático radical en el periodo geológico (posteriormente expuesto).

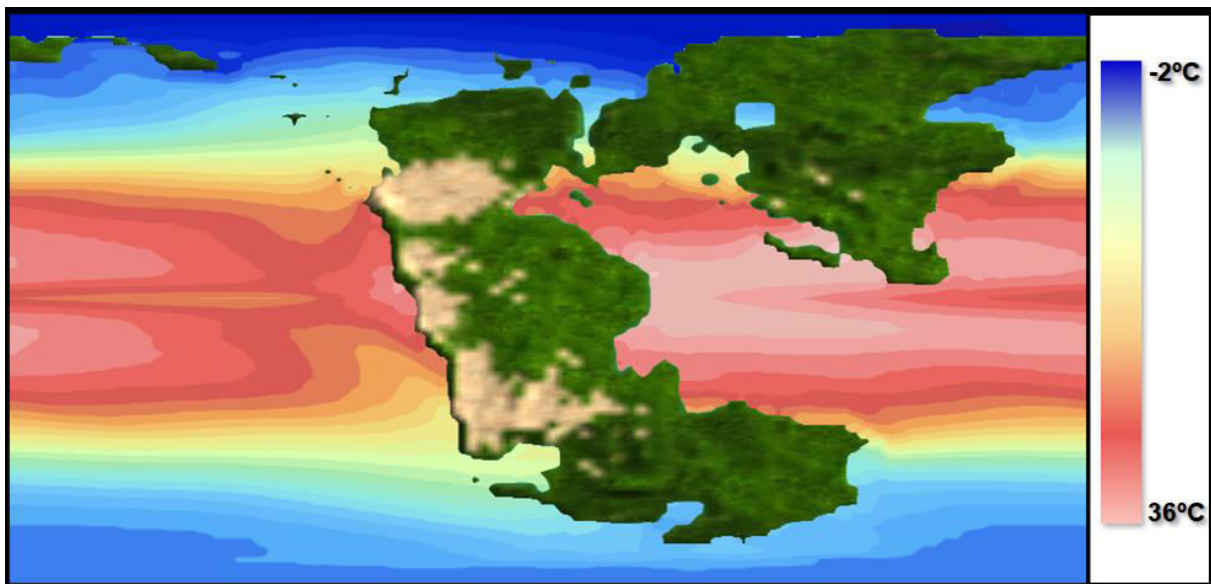


Figura 3.1; Temperatura para el Jurásico Medio. Modificado de Valdes et al., 2021.

Los climas más fríos se verían en los no descartables glaciales de alta montaña (Sellwood y Valdes, 2008) y la actual Siberia. A finales del Jurásico, se asistiría a un intervalo frío que continuaría hasta el Cretácico Inferior. También se puede identificar un periodo similar en el Jurásico Medio, comprendido entre los dos grandes eventos

magmáticos del periodo. Sin embargo en ningún momento en los 56 millones de años del Jurásico hubo una etapa de glaciación.

Las precipitaciones solían ser regulares en zonas templadas y ausentes en las desérticas. Cabe destacar que sobre el océano de Pantalasa se estiman las precipitaciones más cuantiosas y presumiblemente en forma de huracanes (Parrish, 1993); (Sellwood y Valdes, 2008). Las zonas que sufrirían dichos huracanes serían la actual India, Oriente Medio o Asia Meridional. Durante el Jurásico la humedad atmosférica solía ser elevada, salvo en dos puntos históricos de aridez acrecentada (Fig. 3.2) (Sellwood y Valdes, 2008).

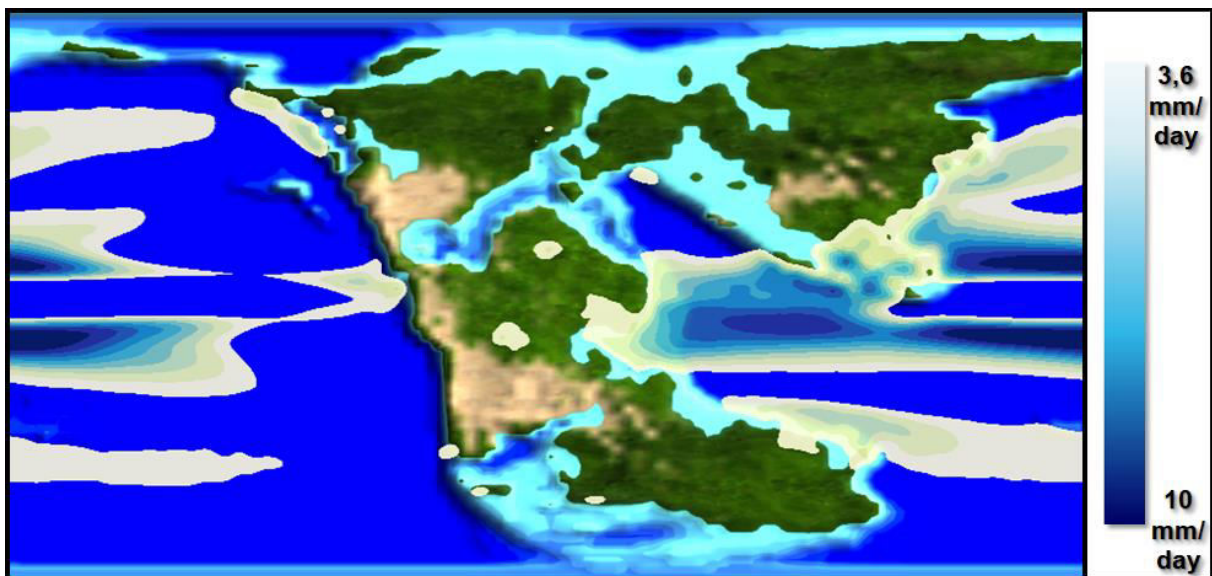


Figura 3.2; Precipitaciones para el Jurásico Medio. Modificado de Valdes et al., 2021.

Con respecto a los océanos, los fondos marinos soportaban temperaturas de hasta 8 grados por encima de las actuales. En torno al ecuador se concentraban las corrientes marinas principales (Fig. 3.3). Para concluir, próximo a los trópicos se encontraban las corrientes de vapor de agua atmosférico. Estas eran más pronunciadas y ocurrían de forma intermitente (Fig. 3.3) (Sellwood y Valdes, 2008).

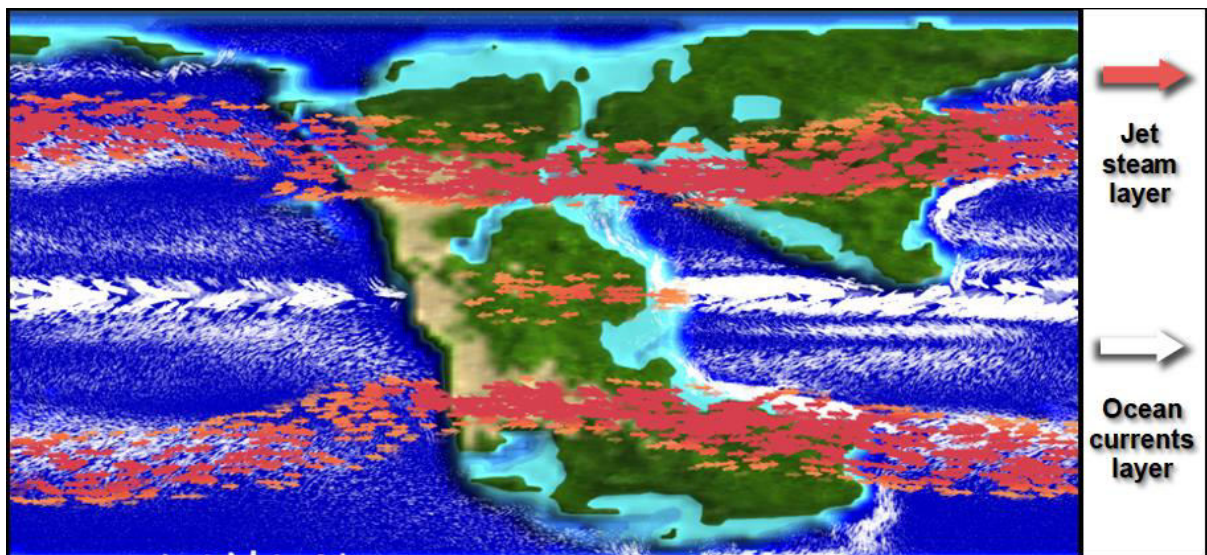


Figura 3.3; Vapor atmosférico (rojo) y corrientes marinas (blanco) para el Jurásico Medio. Modificado de Valdes et al., 2021.

Los biomas presentes en la Tierra en el periodo pueden ser identificados teniendo presentes los datos recogidos anteriormente (Fig. 3.4).

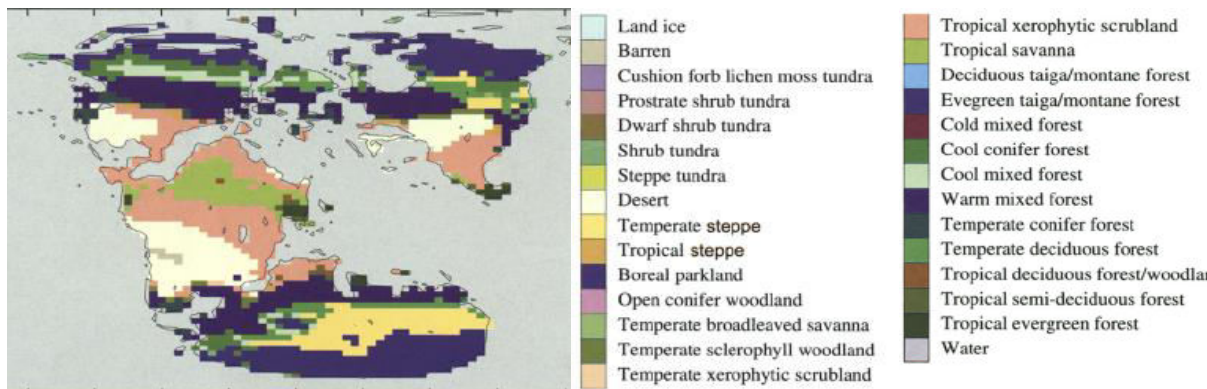


Figura 3.4; Biomas presentes durante el Jurásico (Sellwood y Valdes, 2008).

### 3.3. Cambios del nivel del mar.

El cambio principal en el nivel del mar estaría asociado al Evento Jenkyns (Toarciense en el Jurásico Inferior) como consecuencia de un importante cambio climático. Con la subida de las temperaturas, la humedad terrestre cayó drásticamente y además la inexistencia total de hielo en este punto, indujo una subida del nivel del mar de unos 40 metros en comparación con la actualidad. Finalmente durante el Jurásico Superior se registraría el nivel del mar más elevado del Mesozoico hasta finales del Cretácico (Takashima et al., 2006) con una diferencia de +150 metros si se compara con hoy día (Simmons et al., 2020). Cabe

destacar que a principios del Jurásico, con la influencia del límite Triásico-Jurásico (apartado 4.1) y del impacto del meteorito Puchezh-Katunki, el nivel del mar más bajo se registra en dicho contexto (-25 metros) (Simmons et al., 2020), esto podría deberse al aumento de la humedad atmosférica, lo que a su vez supondría precipitaciones más significativas y habituales (Fig. 3.5).

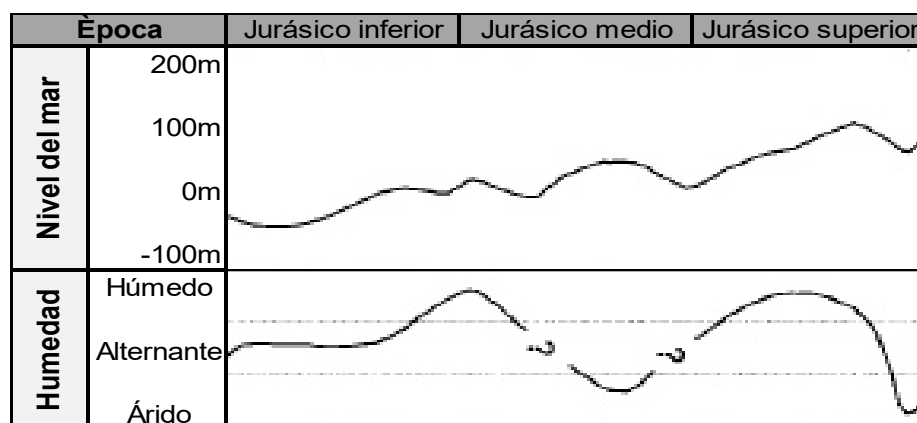


Figura 3.5; Cambios en el nivel del mar y humedad durante el Jurásico. Modificado de Sellwood y Valdes, 2008.

## 4. PRINCIPALES EVENTOS GEOLÓGICOS.

### 4.1. Límite Triásico-Jurásico.

También conocida como la extinción masiva del Triásico, este límite se establece hace algo más de 201 millones de años atrás (Fig. 2.2) (Marzoli et al., 1999). Con una pérdida estimada del 80% de las especies y del 53% de los géneros (Sole y Newman, 2002). La consecuencia incuestionable es el comienzo del Periodo Jurásico, esto es debido a la gran disminución de la diversidad total del planeta, tanto es así, que este evento se encuentra entre las tradicionalmente conocidas como cinco grandes extinciones masivas (Ordovícico, Devónico, Pérmico, Triásico y Cretácico). Paradójicamente, esta es la menos entendida de todas ellas (Sole y Newman, 2002). Se han planteado diferentes hipótesis a lo largo de los años, sin embargo la más admitida desde la década pasada es el aumento exponencial de erupciones volcánicas, especialmente en aquellas zonas cercanas a la Provincia magmática del Atlántico Central (CAMP) (Vajda et al., 2016); (Hesselbo et al., 2020). Estas erupciones y plumas de lava debieron ser motivadas por el movimiento de los continentes que separó Pangea. Hay constancia de basaltos formados en esta provincia magmática correspondientes a este preciso momento. En resumen, esta

podría tratarse del evento de provincia magmática con mayores efusiones basálticas (Hesselbo et al., 2020).

#### **4.2. Evento Anóxico Oceánico del Toarciense (Evento Jenkyns).**

Este acontecimiento, también conocido como Evento Jenkyns, sucedió durante el Toarciense Inferior (hará unos 183 millones de años) (Fig. 2.2) y su causa más probable fue la actividad magmática de Karoo-Ferrar (Hesselbo et al., 2020) (posteriormente expuesta en el apartado 5.3). Fue un evento en el que principalmente la cantidad de oxígeno disuelto en el agua de los océanos disminuyó extraordinariamente (Reolid et al., 2021). Las consecuencias del evento Jenkyns se manifestarán en los diferentes ámbitos y aspectos:

- 1) El colapso de ambientes marinos (Takashima et al., 2006), de entre los cuales se conocen episodios de anoxia parcial o incluso euxinia, además del derrumbe de las comunidades de plancton debido a la pérdida del aporte de nutrientes de la vegetación costera (Danise et al., 2021).
- 2) Del mismo modo se conoce el efecto dañino de este suceso en ecosistemas terrestres; esto es evidenciado en como la materia orgánica de plantas está conservada en los correspondientes estratos (Reolid et al., 2021).
- 3) Por otro lado se demuestra su implicación en un cambio climático, lo que significa un calentamiento global con sus propias consecuencias: acidificación de los océanos, aumento de las precipitaciones, subidas del nivel del mar, cambios en la producción primaria marina y junto a esta última diferencias en la cantidad de detritus y nutrientes (Reolid et al., 2021).
- 4) Variaciones en los ecosistemas, tanto acuáticos como terrestres. Son conocidos cambios en la aparición y distribución de especies. Como lo es el ejemplo de cambios en la distribución de dinosaurios herbívoros debido al incremento de incendios forestales, o la disminución en tamaño de invertebrados marinos puesto que sus conchas están formadas por carbonato cálcico (Reolid et al., 2021).

El presente suceso ha sido determinado atendiendo a la estratigrafía de los sedimentos de la época. La aparición de niveles negros en los estratos significa la sedimentación de carbón orgánico. Dicho material se deposita debido a la alteración

en el ciclo del carbono, de tal modo que, compuestos como carbonatos dejan de ser producidos (Takashima et al., 2006).

Cabe destacar que respecto a este evento hay consenso general en cuanto a su acción, efectos y periodo; sin embargo, las causas de su aparición no están aún completamente identificadas. Los escenarios planteados para su origen son; el aumento de dióxido de carbono y metano debido al vulcanismo de esta edad geológica, la desestabilización de los hidratos de metano marinos y/o el aumento de la metanogénesis causada por el auge de los humedales enaltecidos por el cambio climático (Reolid et al., 2021).

### **4.3. Eventos magmáticos y de impacto.**

Con respecto a eventos magmáticos (Fig. 4.1), además del evento magmático de la provincia magmática del Atlántico Central (CAMP), que separó Pangea hace unos 201 millones de años (Ernst et al., 2020), previamente comentado en el apartado correspondiente al final del Periodo Triásico. Sucedieron especialmente hace unos 183 millones de años los eventos de Karoo (Suráfrica) y Ferrar (Antártida) (Ernst et al., 2020); (Hesselbo et al., 2020). Que fueron la consecuencia de la actividad magmática en dichas Grandes Provincias Ígneas (LIPS). La última actividad data de hace 145 millones de años y el resultado final significa la separación del continente Gondwana en dos partes, por un lado Sudamérica y la Antártida y por el otro lado, África, Australia e India.

Además de suponer la división de Gondwana y con ello el aislamiento de grupos animales permanentemente, también es significativo como transición del Periodo Jurásico Inferior al Jurásico Medio. Cabe destacar que justo después de final del Jurásico, en el Cretácico Inferior, la provincia ígnea de Panamá-Etendeka también presentaría actividad magmática (Rodrigues et al., 2016).

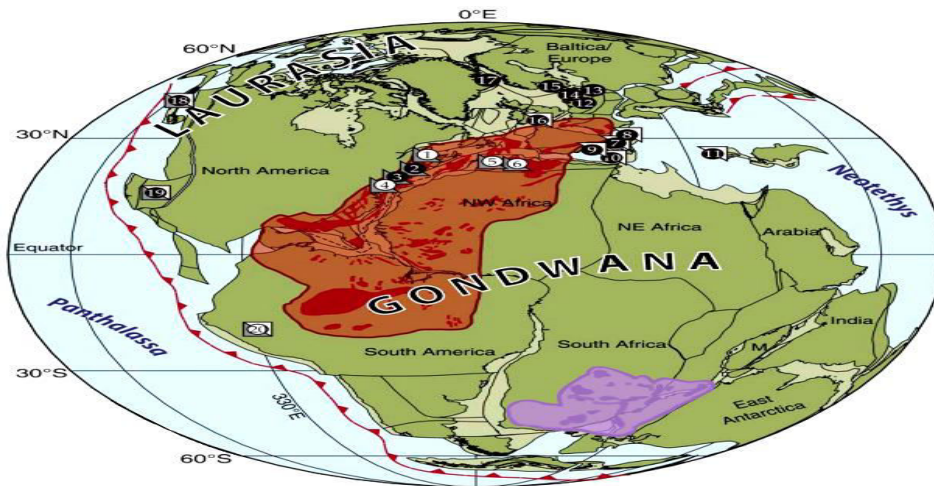


Figura 4.1; Grandes Provincias Ígneas del Jurásico: CAMP (en rojo) y Karoo-Ferrar (en púrpura). Modificado de Pálfy y Kocsis, (2014) y Heimdal et al., (2021).

Con respecto a los eventos de impacto (Fig. 4.2), no los hay de la magnitud del reconocido asteroide que impactó al final del Periodo Cretácico y la Era Mesozoica. Dicho lo cual, también existen algunos indicios de impacto con importancia durante el Jurásico (Hesselbo et al., 2020). Por orden de relevancia, se encuentran:

El primer caso interesante es Puchezh-Katunki, se trata de la caída de un meteorito en el Distrito federal del Volga (Rusia) (Fig. 4.2). Se produjo hace unos 194 millones de años, lo que coincide con los primeros momentos del Jurásico (Hesselbo et al., 2020). En este caso, y pese a ser uno de los impactos más grandes del eón Fanerozoico, ninguna extinción masiva se encuentra ligada a este impacto, sin embargo, esta posibilidad no puede ser vetada ya que la edad de los restos aun no se conoce con exactitud (Pálfy, 2004).

Seguidamente ocurriría el evento de Morokweng que sucedió en el norte de la actual Sudáfrica hace 146 millones de años (Fig. 4.2). Hoy queda un cráter de al menos 70 kilómetros de diámetro (Hesselbo et al., 2020). Su proximidad con el límite entre el Jurásico y el Cretácico es llamativa. Sin embargo no se le atribuye ningún cambio significativo en lo referente a la biosfera (Hesselbo et al., 2020).

En un segundo escalón se encuentran ejemplos como el cráter de Obolon (Schmieder y Buchner, 2008), el cual ocurrió hace menos de 185 millones de años en la actual Ucrania, cerca de Kiev o el cráter de Red Wing en Dakota del Norte (Fig.

4.2), estimado en  $200 \pm 25$  millones de años. Estos dos últimos cráteres podrían representar la huella de la caída de una cadena de meteoritos (Spray et al., 1998).



Figura 4.2; Impactos de meteoritos, dispuestos por orden de redacción. Modificado de Valdes et al., 2021.

## 5. EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DURANTE EL JURÁSICO.

### 5.1. Plantas.

#### 5.1.1. Extinción del final del Triásico.

Existen pruebas concluyentes de una extinción masiva en el límite Triásico-Jurásico, ya que hay referencias polínicas sobre una renovación espectacular de flora en dicho periodo (Hesselbo et al., 2020). Esto se demuestra con la disminución del polen de clima templado y termófilo en hasta un 5%, lo que evidencia una crisis ecológica asociada a una extinción en masa (Diéguez, 2003) y una pérdida de hasta el 85% de la riqueza de especies a escala local (Hesselbo et al., 2020), esto es perceptible en la macrofloras. El grupo más afectado por este límite son los helechos, que tienden a ser sustituidos por Cycadales y Bennetitales (Diéguez, 2003), lo que debe estar debido a las relaciones estrechas que ya mostraban estos grupos con los insectos (Xin et al., 2021) además de a la propia sucesión ecológica.

#### 5.1.2. Composición de la flora del Jurásico.

El grupo vegetal mayoritario actualmente son las angiospermas. Tradicionalmente el registro fósil sitúa la aparición de este dominio botánico en el Cretácico Inferior. Sin embargo investigaciones recientes sugieren que fósiles tradicionalmente atribuidos a Ginkgo del Jurásico Inferior (Fu et al., 2018) o incluso del Triásico podrían estar



estrechamente relacionados con las angiospermas (Barker, 1996). Esto se observa en los fósiles de la especie *Nanjinganthus dendrostyla* la cual muestra posibles estructuras muy similares a flores (Fu et al., 2018). En este capítulo se tratarán por tanto las series vegetales de las cuales se tienen registros incuestionables durante el Jurásico. Respecto a la variedad de vegetación se da una paradoja, en los polos y el ecuador la biodiversidad era menor que en latitudes medias, y todo lo contrario ocurre con los dinosaurios asociados a la flora (McAllister et al, 2004).

En primer lugar, las Bryophytas son un grupo de plantas no vasculares compuestas por las divisiones Marchantophyta (hepáticas), Bryophyta (musgos) y Anthocerotophyta (antocerotas, que aparecen en el Cretácico) Los musgos y hepáticas proceden del Paleozoico (Niklas, 2017). Son el segundo grupo vegetal terrestre más diversificado actualmente. Tienen gran importancia como colonizadores y como almacén de agua en los ecosistemas. A pesar de esto, no es común encontrar fósiles de estos grupos, especialmente previos al Cenozoico (Barker, 1996); (Graham et al., 2000). Aunque se han rescatado algunas briofitas permineralizadas del Jurásico (Bippus et al., 2019).

A continuación, el clado Euphyllophyta, se trata de una serie de plantas surgidas en el Devónico de entre las que evolucionaron los helechos (Monilophyta), (Niklas, 2017) y las plantas con semillas (Spermatophytes). Probablemente los helechos más representativos del Jurásico son los del orden Equisetales (Barker, 1996), de los que hoy en día perduran las llamadas colas de caballo (género Equisetum, que surgió en el Jurásico Inferior) que se conoce compartieron terreno con las gimnospermas (Vajda et al., 2016). De este orden se conoce un gran registro fósil anterior al Mesozoico. Taxonómicamente cercanos a los Equisetales se encuentra la subclase Polypodiidae, de los que se conocen varios órdenes con especies actuales como: Osmundaceae (del Triásico), Hymenophyllaceae (también del Triásico), Cyatheaales (del Jurásico superior) y por último cabe mencionar que tras acabar el Jurásico Superior aparecería el orden más representativo de este grupo, Polypodiales. También se conoce que el orden Marattiidae (Barker, 1996) y la subclase Ophioglossidae, ambos vivieron en este periodo pero su relevancia es menor.

Del clado Euphyllophyta como se expuso anteriormente también se irradian las gimnospermas, procedentes del clado Spermatophytes (del cual se difunden

también las plantas con flores) es el grupo vegetal más importante de este periodo geológico. Gimnospermas se divide en dos ramas evolutivas clasificadas como divisiones taxonómicas; por un lado Cycadophyta y Ginkgophyta (Barker, 1996); (Diéguez, 2003) y por el otro lado; Pinophyta y Gnetophyta (Niklas, 2017).

En primer lugar, las cicadofitas, que aparecieron en el Pérmico y se mantienen entre la flora actual. Son típicas de climas cálidos y tienen una apariencia similar a las palmeras, con hojas grandes distribuidas en penacho, las cuales crecen directamente de un tronco cilíndrico sin ramas (Barker, 1996), esta conformación se presenta ya en el registro fósil. Las ginkgofitas por su parte, también se diversifican en el Pérmico y únicamente tienen una especie representante actualmente, el *Ginkgo biloba*. De este grupo destacan sus hojas, con una forma muy reconocible, por el registro fósil se conoce variedad en dichas hojas. Hay evidencia que formaban el sotobosque de las formaciones vegetales más densas (Diéguez, 2003).

Para concluir con el grupo de las plantas, existe por un lado la división pinofita, la cual es también conocida como coníferas (Diéguez, 2003). Se trata de un grupo que aparece en el Carbonífero, ya desde el Jurásico las coníferas formaban los bosques y las zonas de vegetación abierta junto a helechos (Diéguez, 2003), Tras el límite Triásico-Jurásico tuvieron un periodo de gran diversificación (Vajda et al., 2016). Para concluir, las gnetales, unas plantas muy emparentadas con las angiospermas. Son encontradas por primera vez en el Jurásico inferior, pero que se estima aparecieron en el Pérmico Superior (Barker, 1996).

Para concluir con la parte sobre la vegetación jurásica, la información acerca de los taxones relevantes y además, sus respectivos subgrupos; también de su presencia, aparición o desaparición, se verá reunida en una figura 5.1 (Este mismo sistema se llevará a cabo con el resto de apartados de todo el capítulo 5).


















Clado/Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
 SD. Bryophyta					
 D. Marchantophyta					
 D. Bryophyta					
 D. Anthocerotophyta					
 Clado Euphyllophyta					
 O. Equisetales					
 SCL. Polypodiidae					
 O. Osmundaceae					
 O. Hymenophyllaceae					
 O. Cyatheales					
 O. Polypodiales					
 Clado Gymnosperma					
 D. Cycadophyta					
 D. Ginkgophyta					
 D. Pinophita					
 D. Gnetophyta	?				
 Clado Angiosperma					?

Figura 5.1; Evolución y diversidad de plantas.

## 5.2. Hongos.

No es sencillo obtener restos fósiles de hongos, esto es debido principalmente a lo débil de su estructura, es más frecuente encontrarlos acoplados a otros organismos como troncos u hojas que por separado y paradójicamente, el medio terrestre más difícil para estos organismos son las superficies foliares. Por esto, el registro de este reino es escaso (Sun et al., 2015). El resto más antiguo de un hongo terrestre data del eón Proterozoico de hace 1000 millones de años. En la actualidad los hongos se clasifican taxonómicamente en cinco divisiones: Ascomycota, Basidiomycota, Glomeromycota, Zygomycota y Chytridiomycota (Guarro et al., 1999) Se han encontrado restos de hongos pluricelulares como lo son ascomicetos (hongos con micelio) asociado a la hoja de un ginkgo en el Jurásico Medio (Sun et al., 2015) y también se han recuperado especímenes de basidiomicetos (mayoría de hongos con seta) en el Cretácico Inferior. En cuanto a los glomeromicetos, conocidos por estar en simbiosis con plantas, los zigomicetos, también conocidos como mohos y los quitridiomycetos u hongos uniflagelados poco se conoce de su diversidad en el Jurásico a través del registro fósil. (Guarro et al., 1999). Por último, la figura 5.2 a modo de resumen. Se evidencia en este caso como si se limita espectro al periodo Jurásico no hay eventos destacables en la diversidad y evolución de los hongos.







Clado/Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
 R. Fungi					
 D. Ascomycota					
 D. Basidiomycota					
 D. Glomeromycota					
 D. Zygomycota					
 D. Chytridiomycota					

Figura 5.2; Evolución y diversidad de hongos.

### 5.3. Animales

#### 5.3.1. Composición de la fauna del Jurásico.

La fauna jurásica está marcada por dos eventos principales; el límite Triásico-Jurásico y su consecuente separación de Pangea. La desaparición drástica de especies, causó un reajuste que significó la diversificación de nuevos grupos y más relevantemente el auge de los dinosaurios. La extinción del final del Triásico afectó especialmente a ammonoideos, bivalvos, gasterópodos y braquiópodos (Sole y Newman, 2002).

#### 5.3.2. Invertebrados.

Se conoce como invertebrados a todos los filos de animales que no pertenecen al filo Chordata, es decir, aquellos sin columna vertebral o en su defecto, notocorda. En primer lugar, cabe destacar que a este conjunto pertenecen series de animales tales como los, equinodermos, anélidos, artrópodos (Budd y Telford, 2009) o moluscos (Briggs, 2015); sin embargo estos grupos tuvieron sus cambios evolutivos más destacados en momentos anteriores al Jurásico, o como el caso de los insectos, en el Cretácico junto con las plantas angiospermas (Frank, 2007). Del conjunto de invertebrados los dos más importantes del Periodo Jurásico son la infraclase Belemnoida y la subclase Ammonoidea debido a su relevancia en lo referente a la bioestratigrafía.

Ambos grupos pertenecen a la clase Cephalopoda y surgieron en el Devónico (Wanninger y Wollesen, 2019) en el océano Pantalasa (Dera et al., 2016), extinguiéndose posteriormente al comenzar la Era Cenozoica. Los belemnoides son un grupo parecido a las actuales sepias o calamares. Con brazos de idéntico tamaño y con una concha calcárea interior con forma de bala (Dera et al., 2016), la

cual está segmentada por dentro y por la cual las diferentes especies son diferenciadas. Al igual que los ammonioideos, su registro fósil sirve como herramienta en bioestratigrafía ya que fueron una parte importante del necton y de la cadena trófica y a su expansión global (Dera et al., 2016).

Respecto a los ammonioideos, para este trabajo interesan sus dos órdenes más modernos; los Ceratitida, que se extinguen en la extinción del final de Triásico y, particularmente, el orden Ammonitida (que aparece en el Jurásico Inferior y desaparece en el Cretácico Superior), compuesto a su vez por los subórdenes Phylloceratina, Lytoceratina, Anccyloceratina y Ammonitina (Fig. 2.1). Phylloceratina, presenta adaptaciones como lo son la aparición de espinas al final del fragmocono (la concha), el cual está decorado con motivos parecidos a hojas y con el resto de la concha sin relieves ni suturas (Fig. 2.1). Los Lytoceratina presentaban una espiral plana y alargada con unas costillas muy marcadas (Fig. 2.1). El suborden Anccyloceratina (Fig. 2.1) por su parte es reconocible por una concha en espiral abierta, es decir, no está ensamblada en sus giros, lo que los hace muy diferenciables respecto a sus parientes, esta estructura especial les da el nombre de heteromorfos. Por último, los Ammonitina (Fig.2.1) que son un grupo muy diverso morfológicamente, por lo general presentan un fragmocono en espiral en un plano único e idéntico a ambos lados, su gran diversidad de especies también lo es en formas en el fragmocono: con costillas más o menos marcadas, espinas o no, diferentes inflexiones, espirales abiertas o cerradas... (Gradstein, 2020).

Hay que señalar la importancia de los arrecifes de coral jurásicos (predominando géneros como Trocharea, Micosolena o Caryophyllia) y de esponjas (con géneros destacables como Hexactinosa o Lychniscosa) (Leinfelder, 2001). Los cuales fueron más diversos, más extensos (Sellwood y Valdes, 2008), más diversificados por latitudes altas (McAllister et al., 2004) y presentaban estructuras más variadas que los actuales. (Fig. 5.3).

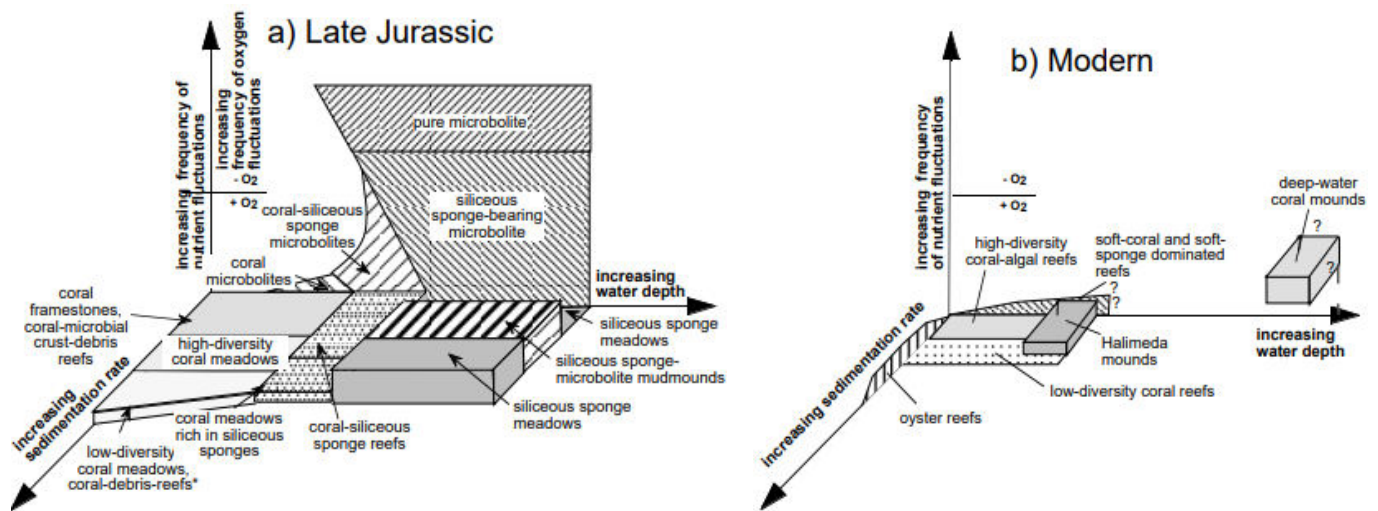


Figura 5.3; Comparativa entre arrecifes jurásicos y actuales. Modificado de (Leinfelder, 2001).

Se trata de unos ecosistemas complejos que acogieron gran diversidad de organismos, de los que se resaltan en este capítulo: bivalvos, gasterópodos, equinodermos, crustáceos, belemnoides y ammonoides (Leinfelder, 2001). Sufrieron un gran cambio en su diversidad debido a la pérdida del 90% de esta fauna causada por la extinción en el límite Triásico-Jurásico y por el evento Jenkins. Posteriormente, se recuperaron con la aparición de nuevas especies durante el Jurásico, lo cual resultó en una de las mayores cimas evolutivas de la historia de los arrecifes en la Tierra. (Leinfelder, 2001). Seguidamente en la figura 5.4, se resume el bloque de invertebrados. Se aprecia al igual que en el caso de los hongos, que su evolución no sufrió cambios destacables o episodios de aparición o desaparición de grupos significativos.

Clado	Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
	Invertebrados					
	P. Porífera					
	P. Cnidaria					
	P. Nematoda					
	P. Anelida					
	P. Equinodermata					
	P. Arthropoda					
	P. Mollusca					
	SpO. Belemnioidea					
	SbCl. Ammonoidea					
	O. Ammonitina					

Figura 5.4; Evolución y diversidad de invertebrados.

### 5.3.3. Peces.

Los peces sufrieron la mayoría de sus cambios evolutivos más notables en periodos geológicos distantes del Jurásico, sobretudo en el Silúrico y Devónico (Blount y Crowley, 2013). Hoy en día sigue siendo un desafío conocer la biología, ecología y evolución de los peces (Torres y Artoni, 2020). Debido a esto, la mayoría de grupos que se observan son descendientes de los Eugnatostomados (peces con mandíbula verdadera) (Bone, 2008). Teniendo en cuenta lo anterior, si hay un grupo animal que destaca por su radiación y éxito durante el Jurásico esos son los condriictios. La clase Chondrichthyes también conocidos como los peces cartilagosos (Blount y Crowley, 2013). Se conocen dos subclases de condriictios, los elasmobranquios y los holocéfalos (Bone, 2008). Estos suelen tener puntos calientes de biodiversidad alrededor de arrecifes de coral (Weigmann, 2020).

Los elasmobranquios engloban a los tiburones, rayas, ráyidos y peces sierra (estos últimos no aparecen hasta el Cretácico). Son peces sin vejiga natatoria y de cinco a siete pares de aperturas branquiales. Se destacan grupos como; orden Sinechodontiformes (grupo extinto paralelo a los tiburones), superorden Galeomorphii (tiburones modernos), superorden Squalomorphii (tiburones escualos) o Superorden Batoidea (rayas, rayas eléctricas...) (Weigmann, 2020). Estos taxones en concreto desarrollaron durante el Jurásico una gran radiación evolutiva. Por otro lado los holocéfalos son conocidos por tener sólo dos aberturas branquiales y ser de bastante menor tamaño que el grupo anterior, pertenecen a este grupo las quimeras actuales y de entre los grupos surgidos en el Jurásico destacan los órdenes Squalorajiformes, Acanthorhina, Brachymylus o Bathytheristes (Bald, 2021).

A continuación, una indagación sobre los peces óseos (Euteleostomii), los cuales se dividen en la clase Actinopterygii y la clase Sarcopterygii. Los actinopterygios son los peces de aletas radiadas, el grupo de vertebrados más amplio y diverso; aparecieron en el Pérmico inferior (Hurley et al., 2007). De entre todos los grupos pertenecientes, cabe destacar la aparición en el Jurásico Medio de los esturiones (Aciperseriformes) (Blount y Crowley, 2013), peces que viven en la actualidad y muestran características del momento en que evolucionaron, un cuerpo revestido de escamas en placas y un esqueleto de cartílago (Vick y Kelly, 2021). Otro grupo sería el orden Lepisosteiformes (pejelagartos y catanes) (Bone, 2008), la gran mayoría de órdenes

relevantes de actinopterigios surgirían a principios del Cretácico o en el Mioceno. Y para concluir con los peces, la clase sarcopterigios, estos son los predecesores de los primeros anfibios y por tanto de los tetrápodos (Laurin et al, 2000). Son conocidos como peces de aletas blandas. De este grupo se conocen el celacanto y seis especies actuales de dipnoi (Bone, 2008); (Blount y Crowley, 2013), además de los descendientes de los tetrápodos y puesto que la aparición de estos ocurre antes de la Era Mesozoica no serán expuestos. Una síntesis de la explicación sobre de los peces jurásicos se sintetiza en la figura 5.5.
















Clado\Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
 IP. Eugnatostomata					
 Cl. chondrichthyes					
 SCI. Elasmobranchii					
 O. Synechodontiformes					
 O. Ctenacanthiformes					
 SO. Galeomorphii					
 SO. Squalomorphii					
 SO. Batoidea					
 SCI. Holocefalii					
 O. Squalorajiformes					
 O. Chimaeriformes					
 Clado Euteleostomi					
 Clado Actinopterygii					
 O. Acipenseriformes					
 O. Lepisosteiformes					
 Clado Sarcopterygii					

Figura 5.5; Evolución y diversidad de peces.

#### 5.3.4. Anfibios.

Los anfibios fueron el grupo terrestre más importante desde el Devónico-Carbonífero, con representantes como los estegocéfalos, que incluyen a *Ichtiostega* o *Acanthostega* (Laurin, et al., 2000); (Blount y Crowley, 2013) unos anfibios de gran tamaño, numerosos dedos y presumiblemente predadores. Sin embargo desde finales del Pérmico y tras la extinción de final del Triásico su importancia cayó drásticamente. En el Jurásico algunas series de anfibios de gran tamaño siguen la tendencia a desaparecer, del gran orden *Temnospondyli* solo tres familias persisten en el Jurásico: *Mastodonsauroidea*, *Chigutisauridae* y *Brachyopidae*. El nicho ecológico de los anfibios que surgen de los primeros tetrápodos es ocupado gradualmente por los reptiles.



Y por otra parte, del orden Lissanphibia donde se encuentran los anfibios actuales (Blount y Crowley, 2013), cabe destacar la aparición del orden Allocaudata, una serie de anfibios parecidos a las salamandras actuales que convivieron con los anfibios modernos y que se extinguieron en el Pleistoceno. Por otro lado se encuentra el clado Batrachia donde se agrupan las salamandras (O. Urodela) del Jurásico Superior y las ranas (O. Anaura) del Jurásico Inferior; una de las adaptaciones de estas es la pérdida gradual de los dientes (Paluh et al., 2021). También pertenecen a este orden las cecilias las cuales también aparecen en el Jurásico inferior. El éxito de este orden en contraste con los temnospóndilos reside en el cambio de estrategia evolutiva; la reducción del tamaño y la dependencia menor del agua mediante ajustes a la estricta humedad, por ejemplo. A continuación, un compendio del apartado acerca de los anfibios en la figura 5.6.














Clado/Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
 CL. Anfibia					
 O. Temnospondyli					
 F. Mastodonsauroidea					
 F. Chigutisauridae					
 F. Brachyopidae					
 F. Rhytidosteidae					
 F. Benthosuchus					
 SCI. Lissanphibia					
 O. Allocaudata					
 Clado Batrachia					
 O. Anaura					
 O. Urodela					
 O. Gymnophiona					

Figura 5.6; Evolución y diversidad de anfibios.

### 5.3.5. Reptiles y dinosaurios.

Durante el Jurásico el grupo biológico de mayor diversificación y por supuesto más conocido de los reptiles, el superorden Dinosauria. Para empezar se conoce a la subclase Eureptilia como los reptiles verdaderos. De este grupo se diversificaran los Testudines (orden), provenientes de grupos basales del Triásico, con un intento de caparazón y comportamiento anfibio (Blount y Crowley, 2013). Su diversificación en el periodo fue extensa, pues se conservan fósiles de grandes series de reptiles extintos como lo son la familia Adocidae o todo el Infraorden Paracryptodira. Las tortugas actuales surgen al final del Jurásico, ambos subórdenes; Cryptodira (gran

mayoría de tortugas marinas y terrestres) y posteriormente Pleurodira (tortugas de cuello móvil) (Blount y Crowley, 2013). Las adaptaciones principales de este grupo son: la desaparición del par de fosas temporales en el cráneo (modificación defensiva que se asemeja a la de los anápsidos) y un caparazón que recubre el cuerpo por el dorso (espaldar) y por el vientre (peto) surgido tras la fusión de los huesos de la columna vertebral (Lyson y Bever, 2020).

De Eureptilia también surgieron los diápsidos (extintos antes del Jurásico) y de estos los neodiápsidos. Un clado donde se encuentran los miembros del superorden Ichthyosterygia (“aletas de pez”), una serie de organismos acuáticos de la que destaca el orden Ichthyosauria (Maisch, 2010), uno de los más característicos de los animales marinos del Jurásico, ocupaba el nicho de las actuales orcas o delfines, de hecho sus adaptaciones son equivalentes; un cuerpo totalmente hidrodinámico con el morro en punta y propulsión con su cola (Blount y Crowley, 2013). Cabe mencionar que durante la extinción masiva del Triásico-Jurásico desaparecieron los avicefalos (reptiles con cabeza de pájaro y con especies planeadoras que fueron durante un tiempo propuestos como antepasados de las aves) y el orden Younginiformes (un grupo paralelo a los reptiles de esa época, con especies trepadoras, acuáticas...)

Otra rama evolutiva de los mencionados neodiápsidos acabará formando el clado Sauria. En lo que al Jurásico respecta de este clado se destacan dos líneas evolutivas, la de las infraclases Lepidosauromorpha y Arcosauromorpha. Primeramente, los lepidosauromorfes (Blount y Crowley, 2013), contienen a la gran mayoría de lo que hoy en día se conoce como “reptiles”, uno de los primeros ordenes de este grupo es Eolacertida; un grupo de animales planeadores que se extinguió a finales del Triásico. En el Triásico Inferior surgiría un superorden llamado Lepidosauria, el principal representante de este es el orden Rhynchocephalia; actualmente sobreviven algunas especies (como los tuátaras) pero la mayoría de sus integrantes están extintos (Jones et al., 2009), al ser un grupo anterior al orden Squamata, cabría pensar que la competencia con estos últimos supuso su gradual desaparición. En cuanto al orden Squamata (reptiles con escamas) (Wiens et al., 2012), es un orden triásico a que pertenecen las serpientes y los lagartos del viejo mundo entre otros, teniendo ya diversidad en el Jurásico está el suborden Iguania (iguanas, camaleones,...) (Wiens et al., 2012).

En cuanto a los arcosauromorfos, esta serie de reptiles seguirá una línea evolutiva surgiendo sucesivamente los arcosuarioformes, los arcosaurios, los ornitodiros (también conocidos como Avemetatarsalia) y finalmente los dinosauriomorfos; de entre los que aparecerá el Superorden dinosauria (Langer et al., 2010).

Sin embargo, previamente hay resaltar al Superorden Sauropterygia. Se trata de un grupo del Triásico Medio, con gran diversificación durante el Jurásico, de este surgirán después dos subórdenes coetáneos; Plesiosauroidea (Storrs, 1993) (que continua con los hombros angulares de los sauropterígios y un cuerpo robusto con extremidades y cuello largas) y Pliosauriodes (la estructura y ecología debería ser muy similar a plesiosaurios pero aquí aparecen especies con cuerpos más grandes, cuello corto y cráneo grande y robusto, cierta semejanza a mosasurios) (Blount y Crowley, 2013).

Por otro lado, desde Archosauria surgen los Pseudosuchia. Estos se desarrollaron principalmente durante el Triásico, en este grupo se incluyen tanto especies bípedas como cuadrúpedas, no siempre siendo carnívoros. Al Jurásico únicamente llegan los Crocodylomorpha (Blount y Crowley, 2013), de entre los que de nuevo aparece una gran diversidad, pero todos se encuentran extintos salvo el clado Neosuchia (grupo que incluye a los cocodrilos actuales) dicho clado aparece en el Jurásico como etapa basal; desarrollarán características muy diversas y se dispersarán por todo el mundo tras el Jurásico (Scheyer et al., 2016).

Cabe mencionar al Orden Pterosauria, el cual se desarrolla a partir de los ornitodiros en el Triásico Superior (Blount y Crowley, 2013), en este orden se encuentran los reptiles con alas (Prentice et al., 2011). Se dividen principalmente en los subórdenes Rhamphorhynchoidea (Prentice et al., 2011) (reptiles basales con alas, aún conservan una cola alargada y dientes) y Pterodactyloidea (en este caso las alas están formadas por la piel de entre sus dedos y pierden progresivamente la cola y los dientes), eran animales carnívoros y generalmente de gran envergadura,. Las especies más avanzadas muestran indicios de pelo y/o plumas. El animal volador más grande de la historia, del género Quetzalcoatlus pertenece a este extinto grupo (Blount y Crowley, 2013).

Por último, un vistazo a la familia Silesauridae para concluir con los reptiles no dinosaurios del Jurásico. Se trata de una serie de animales altamente emparentada con los dinosaurios (forma el clado Dracohors junto a estos últimos). Son muy parecidos a los dinosaurios basales y aparecieron y desaparecieron en el Triásico, debido posiblemente a la competencia con su grupo hermano y/o a la extinción masiva del Triásico (Brusatte, 2012). Para concluir esta parte previa a los dinosaurios, se condensará la información en la figura 5.7.


























Clado/Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
 Eureptylia					
 O. Testudines					
 IO. Cryptodira					
 IO. Pleurodira					
 IO. Paracryptodira					
 Clado Neodiapsida					
 SO. Ichthyosterygia					
 O. Ichthyosauria					
 O. Younginiformes					
 Clado Sauria					
 Icl. Lepidosauriomorpha					
 SO. Lepidosauria					
 O. Rhynchocephalia					
 O. Squamata					
 Icl. Archosauriomorpha					
 SO. Sauropterygia					
 SbO. Plesiosauroidea					
 SbO. Pliosaurioidea					
 Clado Archosauria					
 SO. Crocodylomorpha					
 Clado Neosuchia					
 O. Pterosauria					
 SbO. Rhamphorhynchoidea					
 SbO. Pterodactyloidea					
 F. Silesauridae					

Figura 5.7; Evolución y diversidad de reptiles excluyendo a los dinosaurios.

Es ahora cuando se tratará definitivamente la serie biológica que dominó los ecosistemas terrestres, el Superorden Dinosauria (Vajda et al., 2016). Se tiene registro de especies de dinosaurios principalmente de latitudes ecuatoriales desérticas o de sabana. Esto último puede ser debido a que la conservación de dichos animales es más complicada en climas húmedos (McAllister et al., 2004).

El rasgo distintivo de este grupo es la llamada cadera dinosauria; Se pueden diferenciar dos órdenes de dinosaurios, los ornithisquia (cadera de ave; paradójicamente, sin parentesco con las aves) y los saurisquia (cadera de lagarto)

(Serenó, 1999); (Blount y Crowley, 2013). Ambas caderas permitieron la aparición de diversas formas bípedas (Baron, 2017). Hay evidencia de que en ambas divisiones la presencia de plumas sería muy común (Brusatte, 2012).

Comenzando por los ornitiskios, se caracterizan por tener convergencia evolutiva en su cadera con las aves modernas, se encuentran integradas especies de herbívoros como los triceratops o los anquilosaurios (Serenó, 1999), es conocida la adaptación de varios grupos a vivir en manada. El grupo basal más conocido es la Familia Heterodontosauridae, una serie de géneros de animales de poca altura y ecología similar a los carnívoros modernos, su nombre le viene de su principal característica, los dientes con diferente función (Madzia et al., 2021).

En el Jurásico Inferior surgió uno de los clados de animales más exitosos, los dinosaurios con mejillas (Genasuria) (Brusatte, 2012). De este grupo surgen dos subdivisiones; el clado Thyreophora: caracterizado por herbívoros que presentan un revestimiento óseo sobre el cuerpo, y el suborden Neornithisquia: que se dividirán a su vez en tres líneas evolutivas, el Infraorden Ornithopoda, el Infraorden Pachycephalosauria y el Infraorden Ceratopsida (Serenó, 1999). Del clado Thyreophora por su parte, se desplegaron en el Jurásico Superior los dinosaurios de los subórdenes Ankylosauria; los cuales tenían el cuerpo muy recubierto de hueso y ocasionalmente con un extremo en su cola a modo de maza (Brusatte, 2012) y Stegosauria; conocidos por desarrollar placas sobre el lomo y puntas en la cola como arma defensiva, en algunos grupos además se evidencia el amplificación de los huesos de la cadera delantera de forma que protegen el cuerpo aún más (Blount & Crowley, 2013); (Madzia et al., 2021). Los ornitópodos surgen al final del Periodo Jurásico y son conocidos por el desarrollo de su sistema digestivo y su pico generalmente plano (Blount y Crowley, 2013). Los ceratopsios aparecieron también en el Jurásico Superior, las especies basales eran bípedas y presentaban un pico óseo sin dientes, los organismos más evolucionados, por su parte, se adaptaron al movimiento cuadrúpedo (Baron, 2017) y desarrollaron cuernos en el cráneo y extensiones del mismo que protegían el cuello. Finalmente, pertenecen a este grupo los paquicefalosaurios, los cuales no aparecerían hasta el Cretácico (Serenó, 1999); (Madzia et al., 2021). Por último, la figura Fig. 5.8, esquematiza al grupo ornitiskios y además se complementa con un cladograma.

Clado/Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
SupO. Dinosauria					
O. Ornithischia					
F. Heterodontosauridae					
Genasaurios					
SO. Neornithischia					
IO. Ornithopoda					
IO. Pachycephalosauria			?		
IO. Ceratopsia					
SO. Thyreophora					
IO. Ankylosauria					
IO. Stegosauria					

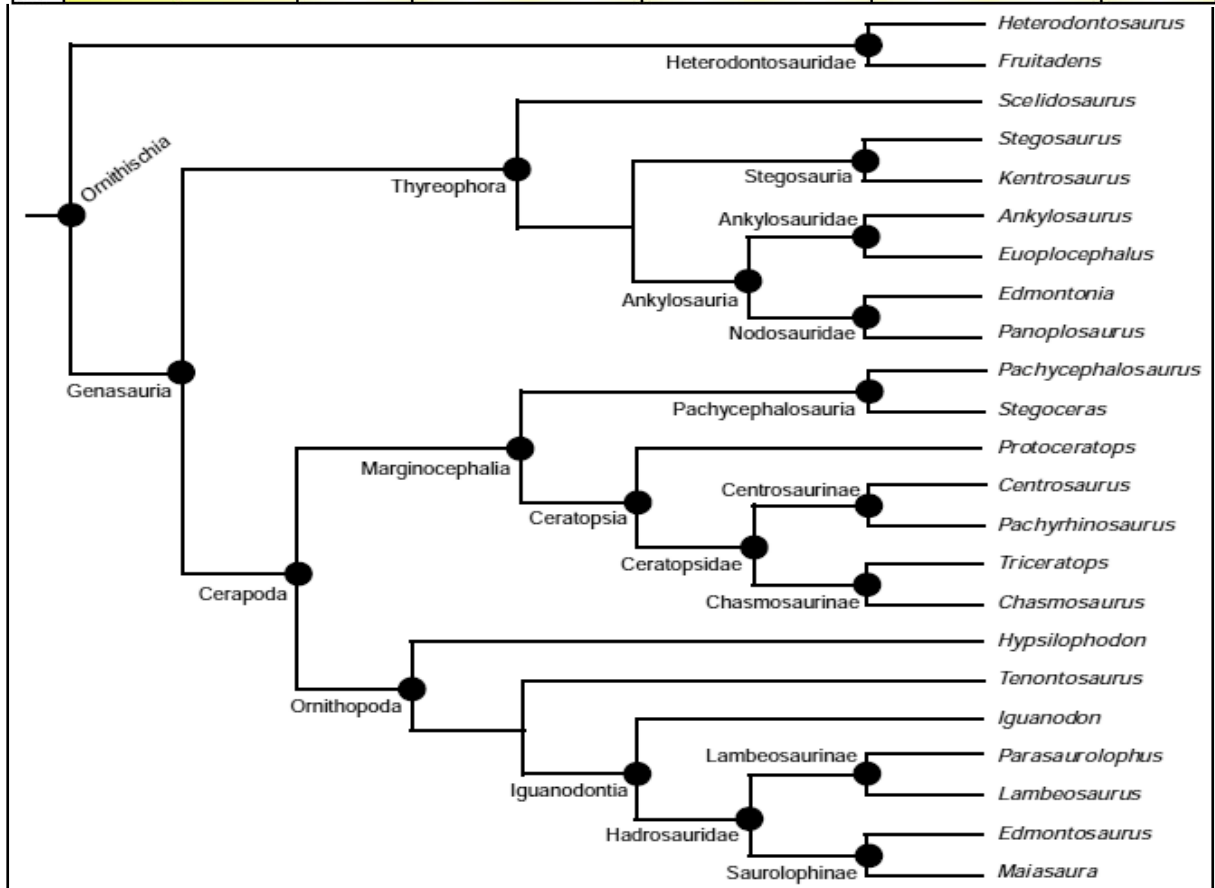


Figura 5.8; Evolución y diversidad de ornitisquios, incluyendo un cladograma de Brusatte (2012).

En otra línea evolutiva del superorden Dinosauria, surge el orden Saurischia caracterizado por presentar una cadera similar al resto de reptiles y el cual se divide a su vez en terópodos y la tercera gran rama de dinosaurios, el superorden Sauropodomorpha (saurópodos). Se diversifica paralelamente la familia Herrerasauridae (Blount y Crowley, 2013); se desglosarán estos en el infraorden Ceratosauria compuesto por la superfamilia Coelophysoidea y la familia Ceratosauridae.

Basalmente entre los terópodos surgirá el Infraorden Carnosauria (Serenó, 1999); compuesto por grandes depredadores que desaparecieron antes de la gran extinción del Cretácico. Seguidamente en la misma línea evolutiva se encuentra el clado de los Coelurosauria, los llamados dinosaurios de colas huecas (Blount y Crowley, 2013); un grupo que integra formas muy variadas morfológica y etológicamente en su mayor parte emplumados (Ding et al., 2019). De los que destaca la familia basal Compsognathidae del Jurásico Superior, con unos de los dinosaurios más pequeños jamás descubiertos. Más adelante en la mencionada línea evolutiva surgieron los del clado Tyrannoraptora integrado por la superfamilia Tyrannosauoidea (Serenó, 1999), una serie de dinosaurios depredadores de gran tamaño; de entre las adaptaciones que desarrollaron destaca su cráneo fusionado y con orificios para restar masa ósea y así aligerar peso. De esta superfamilia se destaca la familia Tyrannosauridae que se desarrolló ya en el Cretácico (Ding et al., 2019). Para concluir, se conocen indicios de varias adaptaciones de terópodos a la vida semiacuática (Ibrahim et al., 2020); (McMenamin, 2021).

Desde Tyrannoraptora se separarían los Maniraptora, un clado de dinosaurios de tamaño variado, que son diferenciados por sus garras largas con tres dedos. Dicho grupo obtenía su gran expansión evolutiva a principios del Cretácico desarrollándose infraórdenes tales como Therizinosauria (principalmente herbívoros de cuello extendido), Oviraptorosauria (depredadores con una prominencia craneal y con garras largas) y Ornithomimosauria (reptiles que imitan a aves por su parentesco con especies como el emú o el avestruz) (Serenó, 1999); (Blount y Crowley, 2013).

De los mencionados maniraptores surgió en el Jurásico Medio el grupo de Paraves, del cual en el Jurásico Superior se desglosaría a su vez el clado Avialae, grupo que incluye a las aves verdaderas que viven en la actualidad y que se desarrollarían finalmente en el Cretácico (Blount y Crowley, 2013); (Ding et al., 2019). Un grupo paralelo a Paraves sería el clado Deinonychosauria (Brusatte, 2012), que es una serie de animales carnívoros, de pequeño tamaño y con el cuerpo completamente emplumado (con las primeras plumas voladoras y los pectorales desarrollados para dicha función) (Pittman et al., 2020). Este taxón comprende; a la familia Dromaeosauridae, que son conocidos como los lagartos corredores y a la familia Troodontidae (Serenó, 1999), que se corresponde a animales con grandes ventajas para el comportamiento depredador: dientes, patas largas, sentidos muy

desarrollados y el cerebro muy grande (Brusatte, 2012). Para acabar, la figura 5.9 es representativa del grupo terópodos.

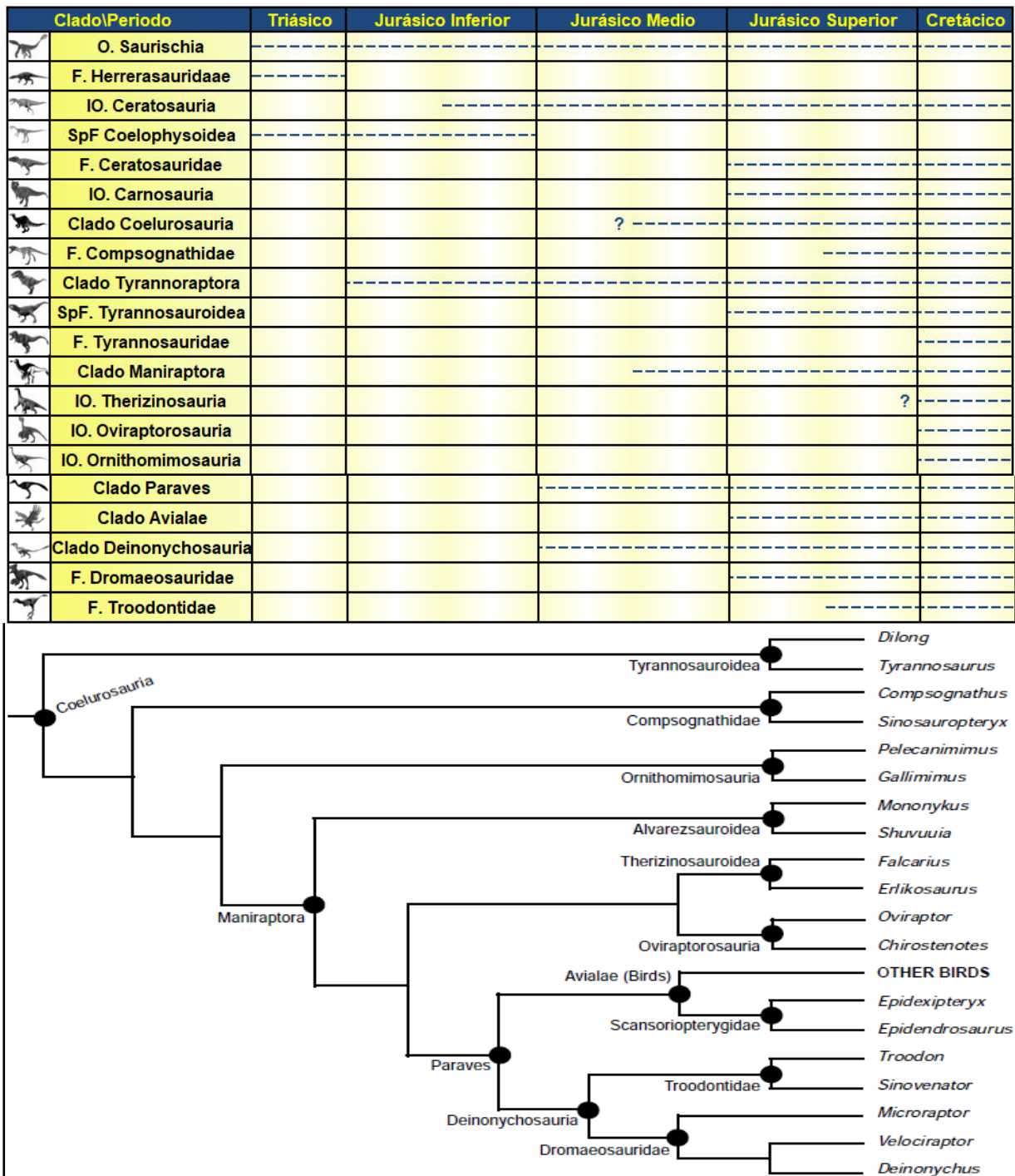


Figura 5.9; Evolución y diversidad de terópodos, incluyendo un cladograma de Brusatte (2012).

El clado de los Sauropoda, por otro lado, se identifica por contener los animales terrestres más grandes que han existido a lo largo de la historia de la Tierra (Sander et al., 2011), todos ellos herbívoros; con cola y cuello alargados y cuadrúpedos (Sander et al., 2011). En ocasiones aparecen sacos aéreos como los de las aves



actuales, presumiblemente para reducir peso corporal. Más adelante, evolucionará el grupo de los Eusauropoda (que excluye formas basales de saurópodos). Seguidamente en la misma rama evolutiva aparecera Neosauropoda integradas por la superfamilia Diplodocoidea compuesta a su vez por las familias Diplodocidae, Dicraeosauridae y Rebbachisauridae (Brusatte, 2012). Las particularidades de esta superfamilia residen en su gran envergadura, sus colas en forma de látigo y sus cuellos (con tendencia a acortarse) con cabezas pequeñas (Sander et al., 2011). Posteriormente de los Neosauropoda surgirá el clado Macronaria, también conocidos como titanosaurios, destacan las familias Bachiosauridae y Titanosauridae (Serenó, 1999). Al contrario que en la superfamilia Diplodocidea, presentan colas más cortas y cuellos más largos. Ocasionalmente presentan mosaicos de escamas de protección, formando una armadura (Sander et al., 2011). Concluye este apartado de la tercera rama de dinosaurios, con su esquema de distribución temporal y cladograma (Fig. 5.10).

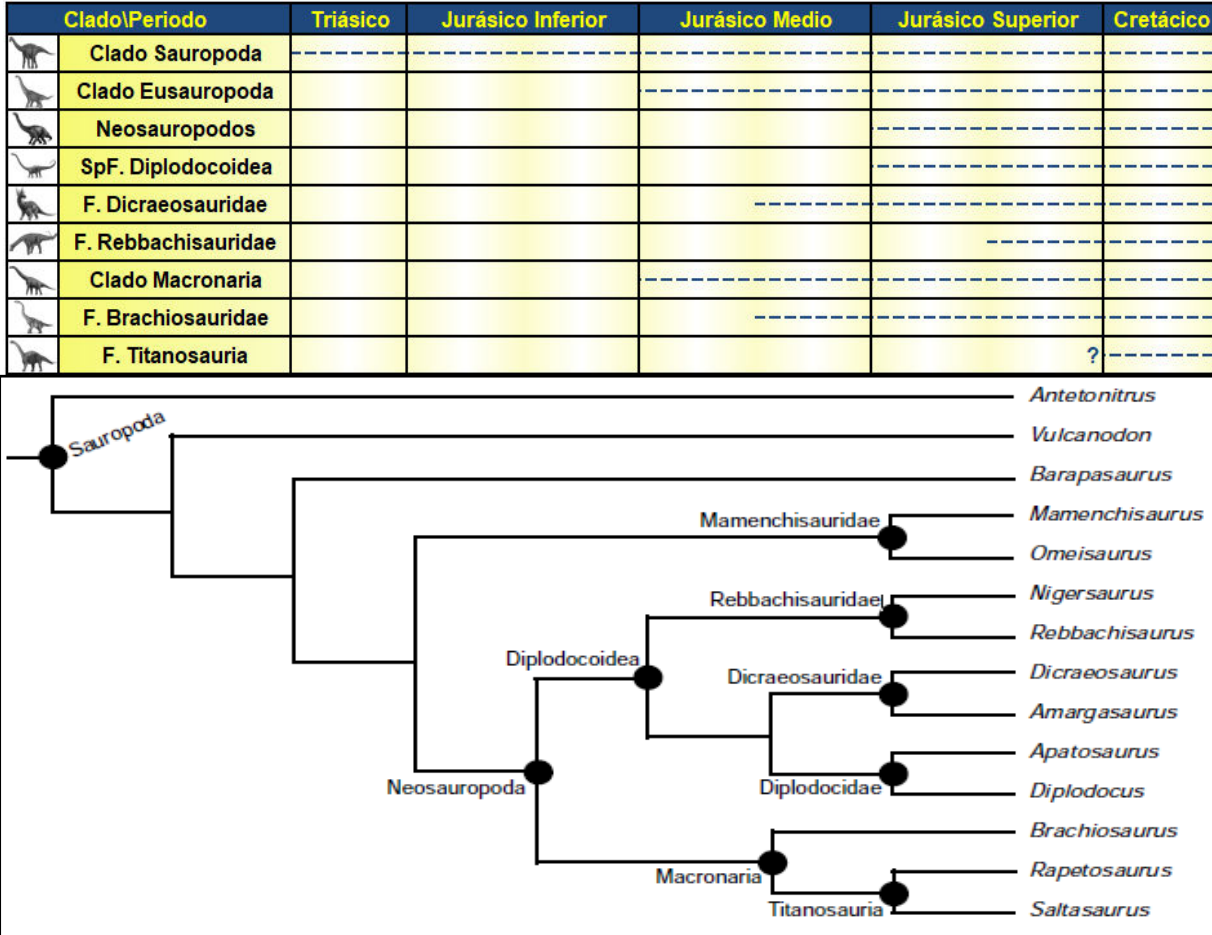


Figura 5.10; Evolución y diversidad de saurópodos, incluyendo su cladograma de Brusatte (2012).

### 5.3.6. Mamíferos.

Los mamíferos surgieron entre finales del Triásico y principios del Jurásico, evolucionan de los Mammaliaformes, que son un clado de cinodontos, unos herbívoros del Pérmico-Triásico (Blount y Crowley, 2013). Cabe decir que existieron grupos paralelos a los mamíferos también descendientes de los mammaliaformes, estos son los sinoconodontiformes del Jurásico Inferior y los morganodontes del Triásico Superior (Rowe, 2016). Ambos tenían características similares a los mamíferos basales tanto en apariencia, como en composición del cráneo, como en hábitos (presumiblemente nocturnos). Por lo general todos los “mamíferos” de este tiempo solían ser de pequeño tamaño, omnívoros o insectívoros y de apariencia similar a ratones, musarañas o ardillas (Luo, 2007).

Los primeros grupos de mamíferos presentaron sucesivos episodios de diversificación (Luo, 2007). La clase Mammalia presenta en registros del Jurásico Inferior una conformación mandibular moderna donde la mandíbula pierde el hueso articular (Luo, 2007); (Blount y Crowley, 2013). Los huesos del cráneo comienzan a presentar pequeños agujeros en su parte exterior, lo que indica la presencia de bigotes sensoriales. Esto último supone dos cosas: la primera es que tenían sentidos agudos como la audición (Luo, 2007); (Rowe, 2016) y la segunda que debían tener pelo en el cuerpo (siendo los bigotes pelos especializados). La adaptación que da nombre al grupo; las mamas, cabría ser la más relevante, unas glándulas que otorgan leche a las crías (Day, 1994); (Blount y Crowley, 2013).

Pertenecientes a los mamíferos están los prototerios una subclase casi extinta pero con representantes actuales, los ornitorrincos y los equidnas, están caracterizados por ser ovíparos. Por otro lado se conoce la subclase Theria, donde se incluyen las infraclases Allotheria (también conocida como Multituberculata) (Day, 1994), Triconodonta y las infraclases agrupadas como Holotherios. Los aloterios son un taxón extinto distinguido por las diferentes cúspides de sus dientes. Su desaparición podría estar relacionada precisamente a esa característica ya que sus competidores, mamíferos más modernos, tendrían dentaduras más especializadas o con dientes de diferentes funciones. Los triconodontos, por su parte, son los más primitivos y antiguos mamíferos registrados (Bonaparte y Migale, 2015) se identifican por tener dientes con tres cúspides, del mismo modo que los aloterios debieron desaparecer

víctimas de la competencia con organismos más avanzados, fueron un grupo de gran éxito y distribución. (Day, 1994).

Los holoterios son un clado antiguo que comprende a las infraclases Eutheria y Metatheria, placentarios y marsupiales respectivamente. El primer fósil que se conoce de euterios pertenece a la conocida especie *Juramaia sinensis* del Jurásico Superior. Sus características son, la posibilidad de expandir el abdomen durante el embarazo, lo que permite a su vez partos de crías en avanzado estado de crecimiento (debido esto a la desaparición de huesos en la cadera inferior), dentición completa, con dientes de diferentes funcionalidades y cambios en los huesos de las garras. Su éxito evolutivo es evidente pues de este grupo basal surgen casi la totalidad de los mamíferos que existen actualmente (Hodge, 2012). Finalmente, cabe destacar que dentro de los holoterios se encuentran los marsupiales pero estos surgieron presumiblemente en el Cretácico Inferior.

De entre los órdenes basales de mamíferos es interesante conocer los gobiconodontes, grupo de eutriconodontes al que pertenecen los únicos mamíferos de los que se sabe depredaron dinosaurios, y los driolestidos del Jurásico Medio, los cuales están fuertemente emparentados tanto con los euterios como con los metaterios (Luo et al., 2012). Y para acabar esta sección, la recopilación de la información se encuentra expuesta en la figura 5.11.

Clado/Periodo	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Medio	Jurásico Superior	Cretácico
 Clado Mammaliaformes					
 O. Sinoconodontiformes	?	?			
 O. Morganucodon					
 Cl. Mammalia					
 SCI. Prototheria					
 SCI. Theria					
 ICI. Australosphenida					
 ICI. Allotheria					
 ICI. Triconodonta					
 ICI. Eutheria					
 ICI. Metatheria					
 O. Gobiconodonta					
 O. Dryolestida					

Figura 5.11; Evolución y diversidad de mamíferos.

## **6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

Como resultado de esta labor de síntesis bibliográfica, se ha elaborado un proyecto el cual busca contener la mayoría de los cambios evolutivos de los grupos biológicos más destacados en el Jurásico. Así mismo, se han situado dichos grupos en su instante correspondiente; lo que pretende, junto con la parte contextual del proyecto, evidenciar que eventos geológicos causaron dicha evolución. Un ejemplo sería la desaparición del orden Squalorajiformes a inicios del jurásico Medio, lo que estaría ocasionado por Evento Anóxico Oceánico del Toarciense. Como también se ha tratado de enfatizar en algunos grupos biológicos menos notorios como lo podría ser el mencionado orden Squalorajiformes.

Este trabajo intenta conseguir por otra parte el objetivo de actualizar el conocimiento estandarizado por la ciencia, habiendo procurando seleccionar, en la medida de lo posible, artículos o publicaciones lo más modernas de forma factible y también, libros y obras con numerosas ediciones.

En cuanto a las conclusiones que se pueden extraer del documento, surge por un lado la necesidad de conocer mejor los eventos ocurridos en el pasado para aplicar dicho conocimiento a la actualidad, como lo podrían ser; por ejemplo, en referencia a las consecuencias de cambios climáticos en el pasado, la recuperación de los ecosistemas tras una crisis de la biodiversidad, como la que sufrieron los arrecifes coralinos, o la propia acción de la dinámica interna del planeta sobre lo seres vivos.

Para finalizar, cabe destacar que un proyecto similar a este o una revisión del mismo convendrían ser elaborados en próximos años. Esto es debido principalmente a dos factores que en diversas ocasiones durante la realización, se evidencian: en primer lugar existen aspectos aún no totalmente conocidos, algunos ejemplos serían: una definición más precisa del momento de impactos de meteoritos, el origen exacto de las plantas con flores... En segundo lugar, para la inclusión de un tema por el momento no demasiado estudiado, como lo es la diversidad de organismos microscópicos del registro fósil; como lo podrían ser las bacterias, los virus, los hongos microscópicos... Por el momento no hay gran documentación de estos debido a lo complicado de su estudio y a que se trata de un ámbito de relativa novedad.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Bald, F. (2021). Shedding light on the Chimaeridae taxonomy: the complete mitochondrial genome of the cartilaginous fish *Hydrolagus mirabilis* ( Collett , 1904 ) ( Holocephali : Chimaeridae ). *Mitochondrial DNA Part B*, 6(2), 420-422. <https://doi.org/10.1080/23802359.2020.1870887>
- Barker, J. A. (1996). Plant evolution. *Journal of Biological Education*, 30(2), 97–99. <https://doi.org/10.1080/00219266.1996.9655486>
- Baron, M. G. (2017). *The origin and early evolution of the Dinosauria*. Doctoral Thesis University of Cambridge. <https://doi.org/10.17863/CAM.18898>
- Bippus, A. C., Savoretti, A., Escapa, I. H., Garcia-Massini, J. y Guido, D. (2019). *Heinrichsiella patagonica* gen. Et sp. nov.: A permineralized acrocarpous moss from the Jurassic of Patagonia. *International Journal of Plant Sciences*, 180(8), 882–891. <https://doi.org/10.1086/704832>
- Blount, K. y Crowley, M. (2013). *Encyclopedia of Dinosaurs and Prehistoric Life*. Dorling Kindersley.
- Bonaparte, J. F. y Migale, L. (2015). *Protomamíferos y Mamíferos Mesozoicos de América del Sur*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Bone, Q. (2008). *Biology of fishes, third edition*. Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203885222>
- Briggs, D. E. G. (2015). The Cambrian explosion. *Current Biology Magazine*, 2-5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.04.047>
- Brusatte, S. L. (2012). *Dinosaur Paleobiology*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118274071>
- Budd, G. E. y Telford, M. J. (2009). The origin and evolution of arthropods. *Nature*, 457(7231), 812–817. <https://doi.org/10.1038/nature07890>
- Danise, S., Slater, S. M., Vajda, V. y Twitchett, R. J. (2021). Land-sea ecological

- connectivity during a Jurassic warming event. *Earth and Planetary Science Letters*, 578, 1-11.  
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.117290>
- Day, M. H. (1994). The Origin and Evolution of Man. *Principles of Medical Biology*, 1(PB), 321–351.  
<https://doi.org/10.1016/B978-1-55938-802-3.50016-X>
- Dera, G., Toumoulin, A. y de Baets, K. (2016). Diversity and morphological evolution of Jurassic belemnites from South Germany. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 457, 80–97.  
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.05.029>
- Diéguez, C. (2003). Flora Y Vegetación Durante El Jurásico Y El Cretácico. *Monografías del Real Jardín Botánico de Córdoba*, 11, 53–62.
- Ding, A., Pittman, M. y Upchurch, P. (2019). The Biogeography of Coelurosaurian Theropods and its Impact on their Evolutionary History. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 118-138.  
<https://doi.org/10.1101/634170>
- Ernst, R. E., Bond, D. P. G. y Zhang, S. H. (2020). Influence of Large Igneous Provinces. *Elsevier*, 345-347.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824360-2.00012-7>
- Frank, J. H. (2007). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press.  
[https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[588:eoti\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[588:eoti]2.0.co;2)
- Fu, Q., Diez, J. B., Pole, M., Ávila, M. G., Liu, Z. J., Chu, H., ... Wang, X. (2018). An unexpected noncarpellate epigynous flower from the Jurassic of China. *ELife*, 7, 1–10.  
<https://doi.org/10.7554/eLife.38827>
- Gradstein, F.M. (2020). Evolution and Biostratigraphy. *Elsevier*.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824360-2.00003-6>
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G. y Hilgen, F. J. (2012). On the geologic time scale. *Newsletters on Stratigraphy*, 45(2), 171–188.

<https://doi.org/10.1127/0078-0421/2012/0020>

Graham, L. E., Cook, M. E. y Busse, J. S. (2000). The origin of plants: Body plan changes contributing to a major evolutionary radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(9), 4535–4540.

<https://doi.org/10.1073/pnas.97.9.4535>

Guarro, J., Gené, J. y Stchigel, A. M. (1999). Developments in fungal taxonomy. *Clinical Microbiology Reviews* (Vol. 12), 454-500.

<https://doi.org/10.1128/cmr.12.3.454>

Heimdal, T. H., Goddérís, Y., Jones, M. T. y Svensen, H. H. (2021). Assessing the importance of thermogenic degassing from the Karoo Large Igneous Province (LIP) in driving Toarcian carbon cycle perturbations. *Nature Communications*, 12(1), 1–7.

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-26467-6>

Hesselbo, S. P., Ogg, J. G., Ruhl, M., Hinnov, L. A. y Huang, C. J. (2020). The Jurassic Period. *Elsevier*, 955-1004.

<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824360-2.00026-7>

Hodge, A. (2012). El Origen más remoto de los mamíferos con placenta.

*Investigación y Ciencia*, 425, 1-4.

Hurley, I. A., Mueller, R. L., Dunn, K. A., Schmidt, E. J., Friedman, M., Ho, R. K., ... Coates, M. I. (2007). A new time-scale for ray-finned fish evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1609), 489–498.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3749>

Ibrahim, N., Maganuco, S., Sasso, C. D., Fabbri, M., Auditore, M., Bindellini, G., ... Pierce, S. E. (2020). Tail-propelled aquatic locomotion in a theropod dinosaur. *Nature*, 581, 67-70. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2190-3>

Jones, M. E. H., Tennyson, A. J. D., Worthy, J. P., Evans, S. E. y Worthy, T. H. (2009). A sphenodontine (Rhynchocephalia) from the Miocene of New Zealand and palaeobiogeography of the tuatara (Sphenodon). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1660), 1385–1390.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1785>

Langer, M. C., Ezcurra, M. D., Bittencourt, J. S. y Novas, F. E. (2010). The origin and early evolution of dinosaurs. *Biological Reviews*, 85(1), 55–110.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00094.x>

Laurin, M., Girondot, M., Ricqlès, A. De y Phylogenetic, B. (2000). Early tetrapod evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(3), 118–123.

Leinfelder, R. R. (2001). Jurassic Reef Ecosystems. *Kluwer Academic Publishers*, 251-309. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1219-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1219-6_8)

Luo, Z. X. (2007). Transformation and diversification in early mammal evolution.

*Nature*, 450(7172), 1011–1019.

<https://doi.org/10.1038/nature06277>

Luo, Z. X., Ruf, I. y Martin, T. (2012). The petrosal and inner ear of the Late Jurassic cladotherian mammal *Dryolestes leiriensis* and implications for ear evolution in therian mammals. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 166(2), 433–463.

<https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2012.00852.x>

Lyson, T. R. y Bever, G. S. (2020). Origin and Evolution of the Turtle Body Plan.

*Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 143–166.

<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110218-024746>

Madzia, D., Arbour, V. M., Boyd, C. A., Farke, A. A., Cruzado-Caballero, P. y Evans, D. C. (2021). The phylogenetic nomenclature of ornithischian dinosaurs. *PeerJ*, 9, e12362.

<https://doi.org/10.7717/peerj.12362>

Maisch, M. (2010). Phylogeny, systematics, and origin of the Ichthyosauria—the state of the art. *Palaeodiversity*, 3, 151–214.

Marzoli, A., Renne, P. R., Piccirillo, E. M., Ernesto, M., Bellieni, G. y De Min, A. (1999). Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, 284(5414), 616–618.

<https://doi.org/10.1126/science.284.5414.616>

McAllister Rees, P., Noto, C. R., Parrish, J. M. y Parrish, J. T. (2004). Late Jurassic



- climates, vegetation, and dinosaur distributions. *Journal of Geology*, 112(6), 643–653. <https://doi.org/10.1086/424577>
- McMenamin, M. (2021). Large neotheropod from the Lower Jurassic of Massachusetts. *Academia Letters*, 1, 1-12. <https://doi.org/10.20935/al3591>
- Michalík, J. (2009). *Earth system and natural variability - Vol II. Mesozoic History*.
- Niklas, K. J. (2017). *Plant Evolution an Introduction to the History of Life*. The University of Chicago Press.  
<https://books.google.co.za/books?id=YdvFDAAAQBAJ%0A>
- Pálfy, J. (2004). Did the Puchezh-Katunki Impact Trigger an Extinction?. *Puchezh-Katunki Impact and Extinction*, 135–148.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-06423-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-06423-8_8)
- Pálfy, J. y Kocsis, Á. T. (2014). Volcanism of the Central Atlantic magmatic province as the trigger of environmental and biotic changes around the Triassic-Jurassic boundary. *Special Paper of the Geological Society of America*, 505, 245–261.  
[https://doi.org/10.1130/2014.2505\(12\)](https://doi.org/10.1130/2014.2505(12))
- Paluh, D. J., Riddell, K., Early, C. M., Hantak, M. M., Jongsma, G. F. M., Keeffe, R. M. y Blackburn, D. C. (2021). Rampant tooth loss across 200 million years of frog evolution. *ELife*. <https://doi.org/10.7554/eLife.66926>
- Parrish, J. T. (1993). Climate of the supercontinent Pangea. *Journal of Geology*, 101(2), 215–233. <https://doi.org/10.1086/648217>
- Pittman, M., Heers, A. M., Angeles, L. y Field, D. J. (2020). Methods of Studying Early Theropod Flight. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 278-280.
- Prentice, K. C., Ruta, M. y Benton, M. J. (2011). Evolution of morphological disparity in pterosaurs. *Journal of Systematic Palaeontology*, 9(3), 337–353.  
<https://doi.org/10.1080/14772019.2011.565081>
- Reolid, M., Mattioli, E., Duarte, L. V. y Ruebsam, W. (2021). The Toarcian Oceanic Anoxic Event: Where do we stand? *Geological Society Special Publication*, 514(1), 1–11. <https://doi.org/10.1144/SP514-2021-74>

- Rodrigues, F. E., De Andrade, C., Castanheira, L., Marangoni, Y. R. y Zanon, R. P. (2016). Basaltic Ring Structures of the Serra Geral Formation at the Southern Triangulo Mineiro, Agua Vermelha Region, Brazil. *Primer Simposio de Tectónica Sudamericana*, 1-38.
- Rowe, T. B. (2016). The Emergence of Mammals. In *Evolution of Nervous Systems: Second Edition* (Vol. 2–4), 1-34.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804042-3.00029-4>
- Sander, P. M., Christian, A., Clauss, M., Fehner, R., Gee, C. T., Griebeler, E. M., ... Witzel, U. (2011). Biology of the sauropod dinosaurs: The evolution of gigantism. *Biological Reviews*, 86(1), 117–155.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00137.x>
- Scheyer, T. M., Straehl, F. R. y Sánchez-Villagra, M. R. (2016). *Crocodile in a tree - An Exhibition on Evolution and Biodiversity*. Scidinge Hall.
- Schmieder, M. y Buchner, E. (2008). Dating impact craters: palaeogeographic versus isotopic and stratigraphic methods – a brief case study. *Geological Magazine*, 145(4), 586–590. <https://doi.org/10.1017/S0016756808005049>
- Sellwood, B. W. y Valdes, P. J. (2008). Jurassic climates. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119(1), 5–17.  
[https://doi.org/10.1016/S0016-7878\(59\)80068-7](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(59)80068-7)
- Sereno, P. C. (1999). The evolution of dinosaurs. *Science*, 284(5423), 2137–2147.  
<https://doi.org/10.1126/science.284.5423.2137>
- Simmons, M. D., Miller, K. G., Ray, D. C., Davies, A., van Buchem, F. S. P. y Gréselle, B. (2020). Phanerozoic Eustasy. *Elsevier*, 357-399.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824360-2.00013-9>
- Sole, R. y Newman, M. (2002). Extinctions and Biodiversity in the Fossil Record. *Encyclopedia of Global Environmental Change*, 2, 297–301.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.2275&rep=rep1&type=pdf>
- Song, Y., Xie, C., Gao, Z., Yu, Y., Wang, B., Duan, M. y Hao, Y. (2021). Tectonic

- Transition from Paleo- to Neo-Tethyan Ocean in Tangjia-Sumdo Area, Southern Tibet: Constraints from Early Jurassic Magmatism. *Gondwana Research*, 105, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.11.016>
- Spray, J. G., Kelley, S. P. y Rowley, D. B. (1998). Evidence for a late Triassic multiple impact event on Earth. *Nature*, 392(6672), 171–173. <https://doi.org/10.1038/32397>
- Storrs, G. W. (1993). Function and phylogeny in sauropterygian (Diapsida) evolution. *American Journal of Science*, 293 A, 63–90. <https://doi.org/10.2475/ajs.293.A.63>
- Sun, C., Taylor, T. N., Na, Y., Li, T. y Krings, M. (2015). Unusual preservation of a microthyriaceous fungus (Ascomycota) on Sphenobaiera (ginkgophyte foliage) from the Middle Jurassic of China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 223, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2015.08.006>
- Takashima, R., Nishi, H., Huber, B. T. y Leckie, R. M. (2006). *Greenhouse World and The Mesozoic Ocean*. *Oceanography*, 19..
- Torres, R. A. y Artoni, R. F. (2020). Genetics, Evolution, and Conservation of Neotropical Fishes. *Frontiers in Genetics*. <https://doi.org/10.3389/978-2-88963-335-7>
- Vajda, V., Pole, M. y Sha, J. (2016). Mesozoic ecosystems - climate and biotas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 464, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.08.023>
- Valdes, P. J., Scotese, C. R. y Lunt, D. J. (2021). Deep ocean temperatures through time. *Climate of the Past*, 17(4), 1483–1506. <https://doi.org/10.5194/cp-17-1483-2021>
- Vick, P. E. y Kelly, J. T. (2021). Living fossils: Sturgeon of the San Francisco Estuary. *Front. Young Minds* 9:612877, 1-6. <https://doi.org/10.3389/frym.2021.612877>
- Wanninger, A. y Wollesen, T. (2019). The evolution of molluscs. *Biological Reviews*, 94(1), 102–115. <https://doi.org/10.1111/brv.12439>
- Weigmann, S. (2020). Annotated checklist of the living sharks , batoids and chimaeras ( Chondrichthyes ) of the world , with a focus on biogeographical

diversity. *Journal of fish Biology* 88 (3), 838-1008.

<https://doi.org/10.1111/jfb.12874>

Wiens, J. J., Hutter, C. R., Mulcahy, D. G., Noonan, B. P., Townsend, T. M., Sites, J. W. y Reeder, T. W. (2012). Resolving the phylogeny of lizards and snakes (Squamata) with extensive sampling of genes and species. *Biology Letters*, 8(6), 1043–1046. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0703>

Xin, W., Qiaoling, D., Santos, A. A. y Wappler, T. (2021). *Nilssoniopteris longifolius* Chang from the Middle–late Jurassic of China: Implications for Bennettitales–insect interactions. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 297, 104582. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2021.104582>