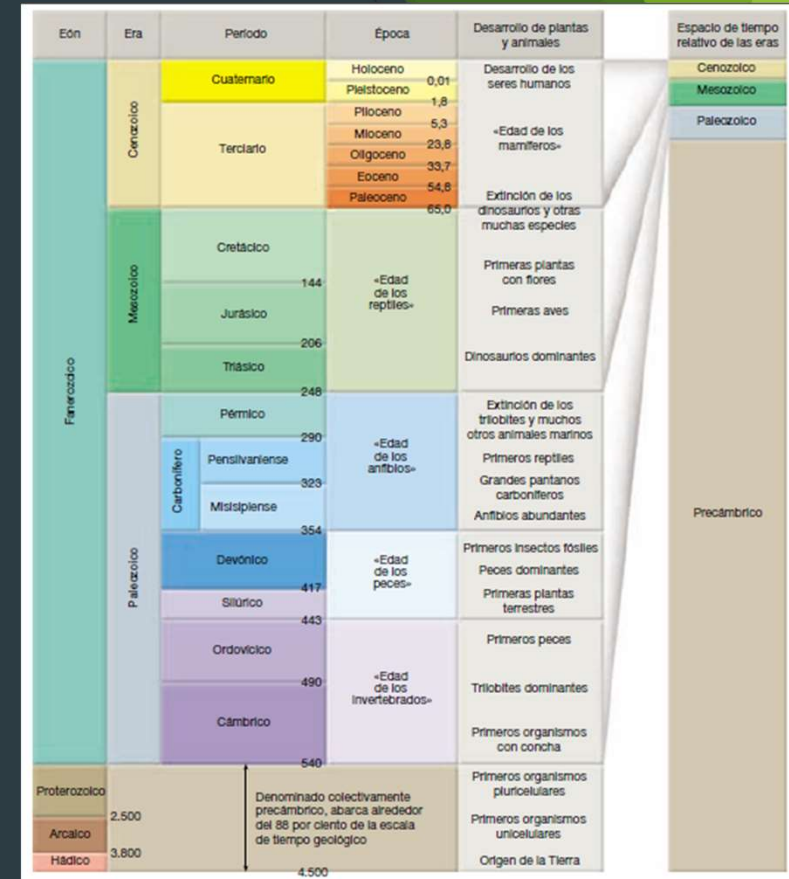


DATACIÓN RELATIVA Y DISCONTINUIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Cesar Álvarez

CONTEXTO HISTORICO

- Los geólogos que desarrollaron la escala de tiempo geológico revolucionaron la manera de pensar sobre el tiempo y la percepción de nuestro planeta. Descubrieron que la Tierra es mucho más antigua de lo que nadie se había imaginado y que su superficie y su interior habían cambiado una y otra vez por los mismos procesos geológicos que actúan en la actualidad. A finales del siglo XIX y principios del XX, se intentó determinar la edad de la Tierra.
- Aunque alguno de los métodos parecía prometedor en aquella época, ninguno de esos primeros esfuerzos demostró ser fiable. Lo que estos científicos buscaban era una fecha numérica. Estas fechas especifican el número real de años que han pasado desde que un acontecimiento ha ocurrido. En la actualidad, nuestro conocimiento de la radiactividad nos permite determinar con exactitud las fechas numéricas para las rocas que representan acontecimientos importantes en el pasado lejano de la Tierra



¿QUÉ ES?

- ▶ La datación relativa significa que las rocas se colocan en su secuencia de formación adecuada: cuál se formó en primer lugar, en segundo, en tercero y así sucesivamente. La datación relativa no puede decirnos cuánto hace que sucedió algo, sólo qué ocurrió después de un acontecimiento y antes que otro.
- ▶ Para establecer una escala de tiempo relativo, hubo que descubrir unos pocos principios o reglas básicos y aplicarlos. Aunque puedan parecer obvios en la actualidad, en su época constituyeron avances importantes del pensamiento, y su descubrimiento fue un logro científico importante.

El depósito o sedimentación de los estratos ocurre de forma episódica.
En 1669, Nicolás Steno enunció el principio de superposición de los estratos:

Un estrato es más moderno que los que se encuentran debajo y más antiguo que los que se encuentran encima.



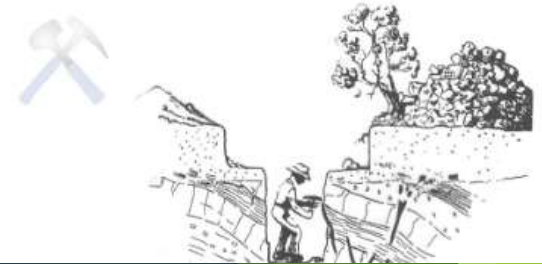
MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- Uniformismo:

El principio de uniformismo establece que los procesos geológicos observados en funcionamiento que actualmente modifican la corteza terrestre han funcionado de manera muy similar a lo largo del tiempo geológico. Un principio fundamental de la geología propuesto por el médico y geólogo escocés del siglo xviii James Hutton es que «el presente es la clave del pasado». En palabras de Hutton, «la historia pasada de nuestro globo debe explicarse por lo que se puede ver que está sucediendo ahora»

Métodos de datación relativa

La historia de la Tierra se ha comparado con una enciclopedia cuyas páginas corresponderían a los estratos. Al reconstruir la historia de la Tierra, una de las tareas de campo del geólogo o geóloga consiste en ordenar dichas "páginas". A continuación, se exponen algunos principios para realizar esta labor.



MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

Métodos estratigráficos:

El análisis de la secuencia de la deposición de los estratos y la relación que existe entre ellos nos ayudan a conocer la antigüedad relativa de los materiales que los constituyen.

- **Principio de superposición de estratos**

El principio de superposición de estratos establece que una capa de roca sedimentaria en una secuencia tectónicamente no perturbada es más vieja la que está debajo y más joven la que está encima. Esto se debe a que no es posible que una capa más joven se deslice debajo de una capa previamente depositada. La única perturbación que experimentan las capas es la bioturbación, en la que los animales y/o las plantas mueven cosas entre las capas. sin embargo, este proceso no es suficiente para permitir que las capas cambien de posición. Este principio permite que las capas sedimentarias se vean como una forma de línea de tiempo vertical, un registro parcial o completo del tiempo transcurrido desde la deposición de la capa más baja hasta la deposición del lecho más alto

Métodos de datación relativa

La historia de la Tierra se ha comparado con una enciclopedia cuyas páginas corresponderían a los estratos. Al reconstruir la historia de la Tierra, una de las tareas de campo del geólogo o geóloga consiste en ordenar dichas "páginas". A continuación, se exponen algunos principios para realizar esta labor.



METODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- Principio de horizontalidad original

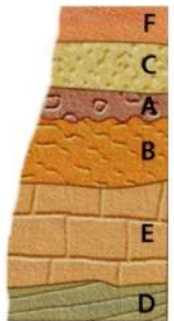
El principio de horizontalidad original establece que la deposición de sedimentos se produce como lechos esencialmente horizontales. La observación de sedimentos marinos y no marinos modernos en una amplia variedad de entornos apoya esta generalización.

- Principio de continuidad lateral

El principio de continuidad lateral establece que las capas de sedimento inicialmente se extienden lateralmente en todas las direcciones; en otras palabras, son lateralmente continuas. Como resultado, se puede suponer que las rocas que por lo demás son similares, pero que ahora están separadas por un valle u otra característica erosiva, son originalmente continuas.

Columna estratigráfica:

En esta representación de los estratos o capas de rocas sedimentarias, el más antiguo es el D y el más moderno el F



METODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- Principio de intersección

Cuando una falla atraviesa otras rocas, o cuando el magma hace intrusión y cristaliza, podemos suponer que la falla o la intrusión es más joven que las rocas afectadas. Por ejemplo, en la Figura 9.3, las fallas y los diques deben de haberse producido claramente después de que se depositaran los estratos sedimentarios.

Éste es el principio de intersección. Aplicando este principio, puede verse que la falla A se produjo después de que se depositara el estrato de arenisca, porque «corta» la capa. De igual manera, la falla A se produjo antes de que el conglomerado se sedimentara porque la capa no está afectada.

También podemos afirmar que el dique B y el sill asociado con él son más antiguos que el dique A, porque este último corta al sill. De la misma manera, sabemos que los batolitos fueron emplazados después de que se produjera el movimiento a lo largo de la falla B, pero antes de que se formara el dique B. Esto es así porque el batolito atraviesa la falla B mientras que el dique B corta el batolito

METODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- Principio de intersección

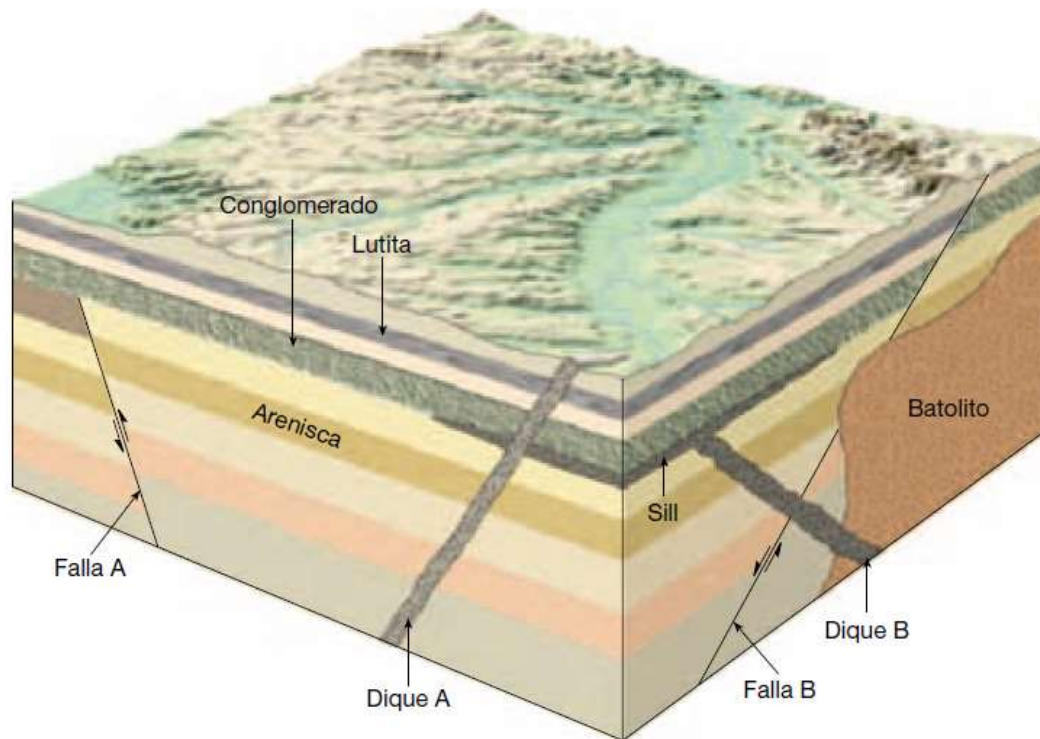
Cuando una falla atraviesa otras rocas, o cuando el magma hace intrusión y cristaliza, podemos suponer que la falla o la intrusión es más joven que las rocas afectadas. Por ejemplo, en la Figura 9.3, las fallas y los diques deben de haberse producido claramente después de que se depositaran los estratos sedimentarios.

Éste es el principio de intersección. Aplicando este principio, puede verse que la falla A se produjo después de que se depositara el estrato de arenisca, porque «corta» la capa. De igual manera, la falla A se produjo antes de que el conglomerado se sedimentara porque la capa no está afectada.

También podemos afirmar que el dique B y el sill asociado con él son más antiguos que el dique A, porque este último corta al sill. De la misma manera, sabemos que los batolitos fueron emplazados después de que se produjera el movimiento a lo largo de la falla B, pero antes de que se formara el dique B. Esto es así porque el batolito atraviesa la falla B mientras que el dique B corta el batolito

MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- Principio de intersección



◀ **Figura 9.3** Las relaciones de intersección representan un principio utilizado en la datación relativa. Un cuerpo rocoso intrusivo es más joven que la roca en la que intruye. Una falla es más joven que la capa que corta.

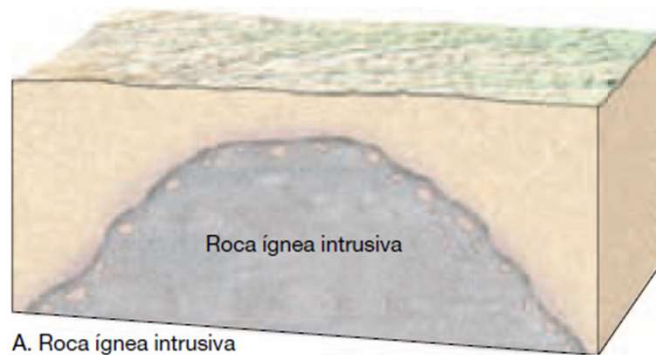
METODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- **Inclusiones**

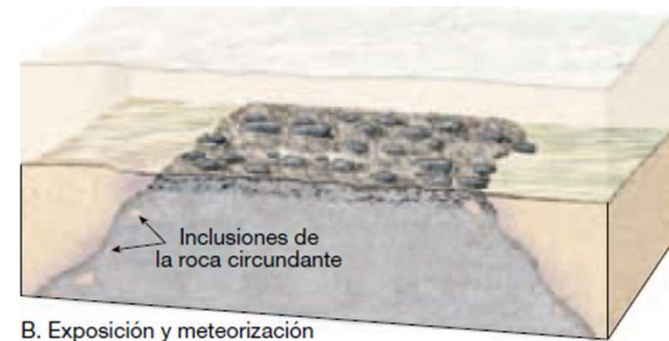
A veces las inclusiones pueden contribuir al proceso de datación relativa. Las inclusiones (incluere = encerrar) son fragmentos de una unidad de roca que han quedado encerrados dentro de otra. El principio básico es lógico y directo. La masa de roca adyacente a la que contiene las inclusiones debe haber estado allí primero para proporcionar los fragmentos de roca. Por consiguiente, la masa de roca que contiene las inclusiones es la más joven de las dos. En la Figura 9.4 se proporciona un ejemplo. Aquí, las inclusiones de la roca ígnea intrusiva en el estrato sedimentario adyacente indican que la capa sedimentaria se depositó encima de una masa ígnea meteorizada, y no que hubiera intrusión magmática desde debajo que después cristalizó.

MÉTODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- Inclusiones



A. Roca ígnea intrusiva



B. Exposición y meteorización de la roca ígnea intrusiva



C. Depósito de estratos sedimentarios

▲ **Figura 9.4** Estos diagramas ilustran dos maneras mediante las cuales se pueden formar las inclusiones, así como un tipo de discontinuidad denominada inconformidad. En el diagrama A, las inclusiones de la masa ígnea representan los restos no fundidos de la roca de caja circundante que se rompieron y se incorporaron en el momento en el que el magma intruía. En el diagrama C, la roca ígnea debe de ser más antigua que las capas sedimentarias suprayacentes porque los estratos sedimentarios contienen inclusiones de la roca ígnea. Cuando rocas ígneas intrusivas más antiguas están cubiertas por estratos sedimentarios más jóvenes, se dice que hay un tipo de discontinuidad denominada inconformidad. En la foto se muestra una inclusión de roca ígnea oscura en una roca huésped más clara y más joven. (Foto de Tom Bean.)

- Inclusiones observadas en el batolito de Santa Marta Dic/2022



- Inclusiones observadas en la cuenca del río Combeima, Ibagué, Nov/2022



Obsérvese que en este caso, se tiene en realidad un conglomerado sedimentario que tiene inclusiones ígneas (en rojo) y clastos metamórficos de tipo esquistoso (en azul)

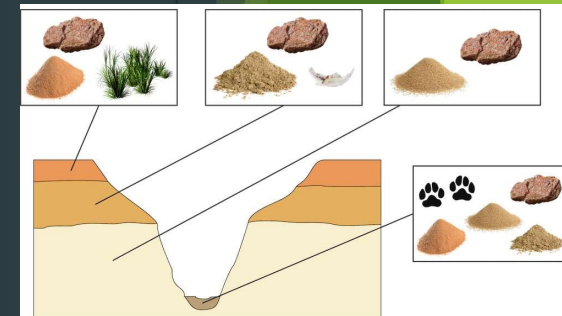
METODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- **Discontinuidades estratigráficas**

Cuando observamos estratos rocosos que se han ido depositando sin interrupción, decimos que son concordantes.

Zonas concretas exhiben estratos concordantes que representan ciertos lapsos de tiempo geológico. Sin embargo, ningún lugar de la Tierra tiene un conjunto completo de estratos concordantes.

A todo lo largo de la historia de la Tierra, el depósito de sedimentos se ha interrumpido una y otra vez. Todas esas rupturas en el registro litológico se denominan discontinuidades estratigráficas. Una discontinuidad estratigráfica representa un largo período durante el cual se interrumpió la sedimentación, la erosión eliminó las rocas previamente formadas y luego continuó el depósito. En cada caso, el levantamiento y la erosión fueron seguidos de subsidencia y nueva sedimentación. Las discontinuidades estratigráficas son rasgos importantes porque representan acontecimientos geológicos significativos de la historia de la Tierra.



DISCONTINUIDADES

- **Discontinuidades estratigráficas**

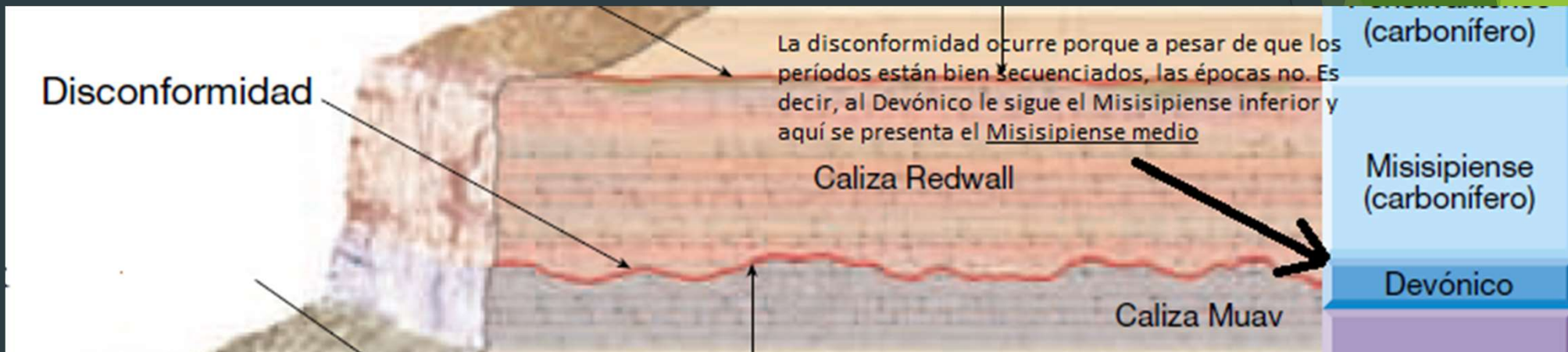
En geología el transcurso del tiempo esta representado en forma de secuencias estratigráficas. Pero este registro no es continuo, sino que se producen interrupciones en la sedimentación denominadas diastemas. Al lapso del tiempo transcurrido sin sedimentación se le llama hiato, y si además transcurrió con erosión constituye una laguna estratigráfica. Por ello se producen ``cicatrices`` en la secuencia estratigráfica, las denominadas discontinuidades estratigráficas. Estas se pueden agrupar en cuatro tipos diferentes:

1. Disconformidades o discordancias erosivas: son discontinuidades marcadas por superficies erosivas (reconocibles por la existencia de paleosuelos, costras ferruginosas...). La serie subyacente (m´pas antigua) ha sufrido erosión y sobre ella se ha depositado la más reciente, en ángulo similar.
2. Discordancias angulares: Ocurre entre los estratos más modernos y los más antiguos que están erosionados e inclinados, y que representa un hiato. La serie suprayacente y subyacente están en diferente ángulo.
3. Paraconformidades: son discontinuidades en las que durante la laguna estratigráfica se ha producido deformaciones de los estratos y erosión simultánea o posterior de los mismos, lo que queda reflejado por un cierto ángulo entre la disposición de estos estratos y los superiores.
4. Inconformidades: discontinuidades entre materiales estratigráficos sedimentarios y no estratificados, normalmente ígneos (aun cuando muchas veces, metamórficos).

DISCONTINUIDADES

- Discordancias erosivas

Dentro de las discordancias, tenemos las discordancias erosivas o disconformidades. Consiste en rocas EROSIONADAS sobre las que reposan estratos más jóvenes. Es importante en la definición que, tanto el estrato más reciente como el más antiguo están en el mismo ángulo de buzamiento. Veamos un ejemplo:



Obsérvese además que las disconformidades se suelen representar con líneas “quebradas”, no rectas; simbolizando con esto la erosión acaecida en el estrato más antiguo

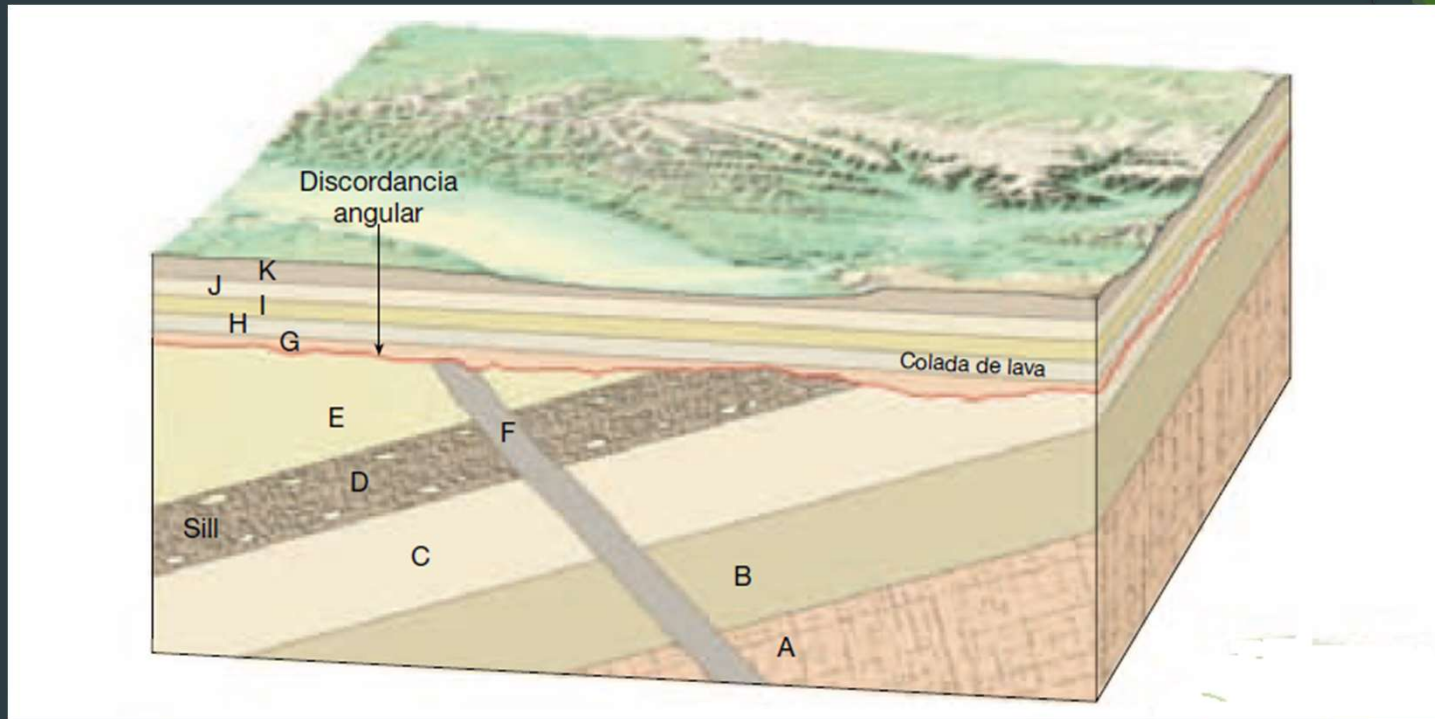
DISCONTINUIDADES

- **Discordancias angulares**

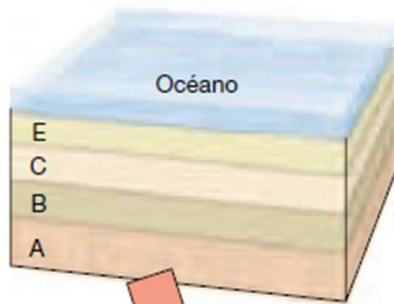
Dentro de las discordancias, tenemos las discordancias angulares. Consisten en rocas sedimentarias inclinadas o plegadas sobre las que reposan estratos más planos y jóvenes. Una discordancia angular indica que, durante la pausa en la sedimentación, se produjo un período de deformación (pliegue o inclinación) y erosión. Veamos un ejemplo:

DISCONTINUIDADES

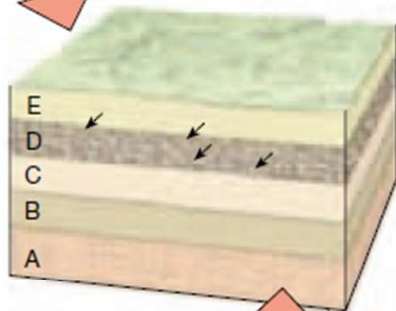
- Entendiendo las discordancias



Interpretación

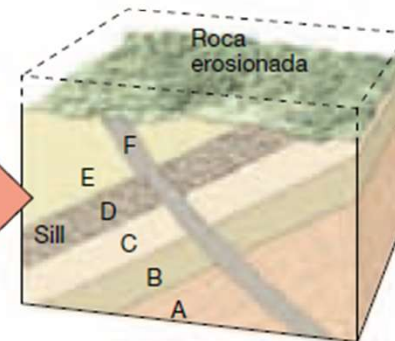
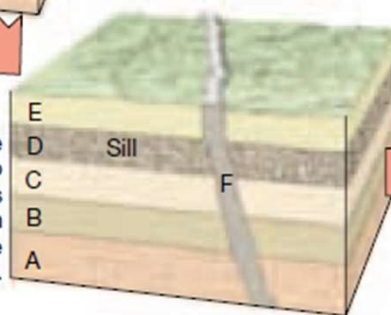


1. Aplicando la *ley de la superposición*, los estratos A, B, C y E se depositaron en ese orden.



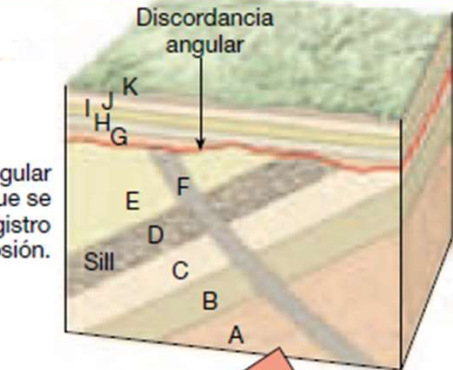
2. La capa D es un sill (intrusión ígnea concordante). Una prueba posterior de que el sill D es más joven que los estratos C y E son las *inclusiones* de fragmentos de esos estratos. Si esa masa ígnea contiene fragmentos de estratos adyacentes, los estratos adyacentes deben haber estado allí primero.

3. Después de la intrusión del sill D, se produjo la intrusión del dique F. Dado que el dique atraviesa los estratos desde el A al E, debe ser más joven que todos ellos (principio de intersección).

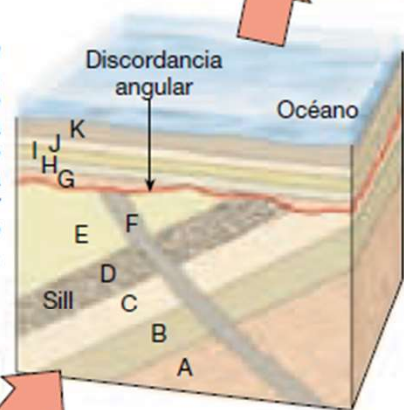


4. A continuación, las rocas se inclinaron y fueron erosionadas. La inclinación sucedió primero porque los extremos vueltos hacia arriba de los estratos han sido erosionados. La inclinación y la erosión, seguidas de una posterior sedimentación, produjeron una *discordancia angular*.

5. Utilizando de nuevo la *ley de la superposición*, los estratos G, H, I, J y K se depositaron en ese orden. Aunque la colada de lava (estrato H) no es un estrato de roca sedimentaria, es una capa depositada en superficie y, por tanto, puede aplicarse la ley de superposición.



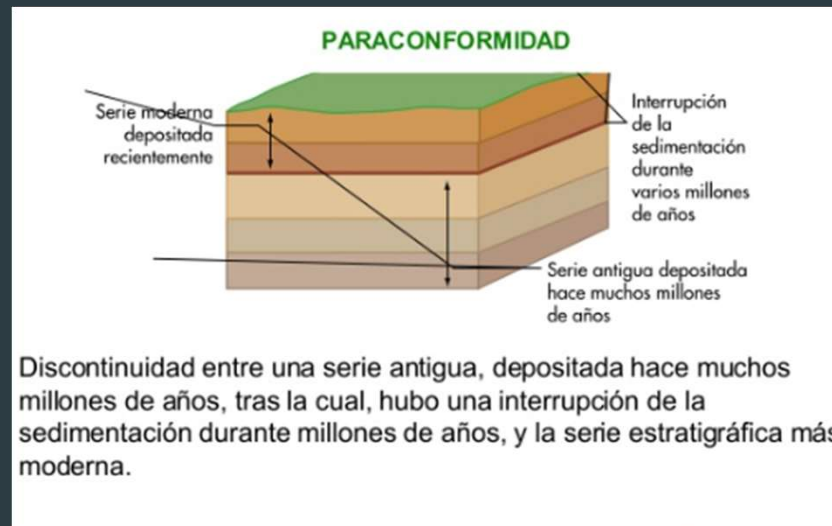
6. Por último, la superficie irregular y el valle fluvial indican que se produjo otro vacío en el registro litológico por erosión.



DISCONTINUIDADES

- **Paraconformidad**

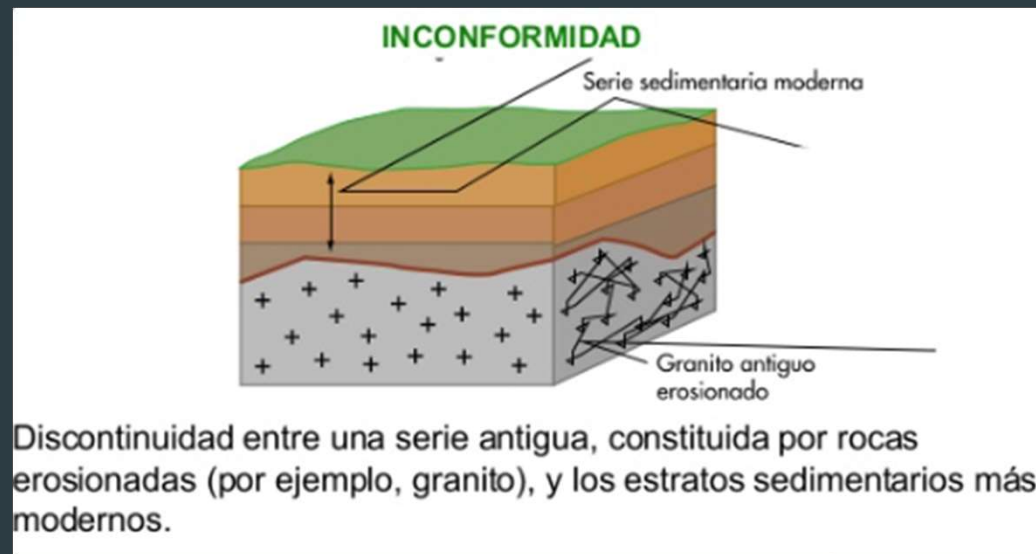
En una para-conformidad, se interrumpe la sedimentación y lo que se deposita no es secuencial con los estratos inferiores. Cuando se las compara con las discordancias angulares, las paraconformidades son más comunes, pero normalmente son bastante menos claras, porque los estratos situados a ambos lados son en esencia paralelos. Muchas paraconformidades son difíciles de identificar porque las rocas situadas por encima y por debajo son similares y hay pocas pruebas de erosión. Dicha ruptura a menudo se parece a un plano de estratificación ordinario. Otras paraconformidades son más fáciles de identificar porque la superficie de erosión antigua corta profundamente en las rocas inferiores más antiguas (disconformidad). Más adelante veremos un ejemplo.



METODOS DE DATACIÓN RELATIVA

- **Inconformidad**

Aquí la ruptura separa rocas ígneas, metamórficas más antiguas de los estratos sedimentarios más jóvenes (Figuras 9.4 y 9.5). Exactamente igual que las discordancias y las paraconformidades, implican movimientos de la corteza, también las inconformidades. Las masas ígneas intrusivas y las rocas metamórficas se originan bastante por debajo de la superficie. Por tanto, para que se desarrolle una inconformidad, debe haber un período de elevación y erosión de las rocas suprayacentes. Una vez expuestas en la superficie, las rocas ígneas o metamórficas son sometidas a meteorización y erosión antes de la subsidencia y de la reanudación de la sedimentación.



EN RESUMEN:

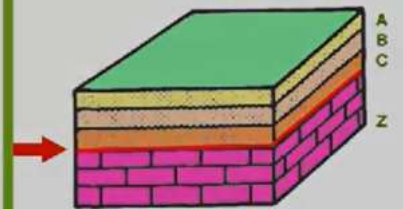
DISCONTINUIDADES CORTES GEOLOGICOS EJEMPLOS RESUELTOS 🐼 🧐



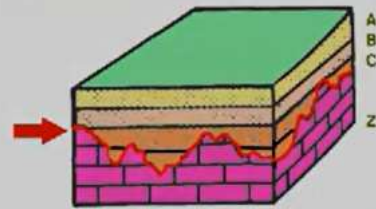
ESTRATOS CONCORDANTES



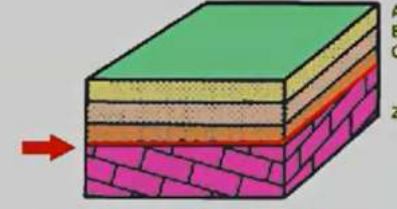
DISCONTINUIDADES



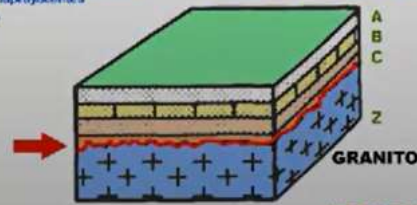
PARACONFORMIDAD
Entre una serie antigua, depositada hace millones de años, tras la cual, hubo una interrupción de la sedimentación (HIATO) durante millones de años, y la serie más moderna. Los estratos subyacentes y suprayacentes son paralelos.



DISCONFORMIDAD
Entre una serie antigua, que fue sometida a un periodo erosivo, y la serie estratigráfica más moderna, que se depositó tras ese proceso. También llamada discordancia erosiva.

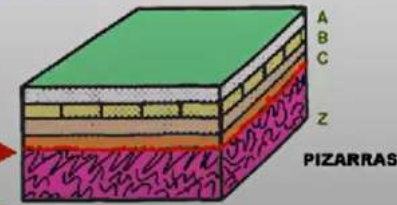


DISCORDANCIA ANGULAR
Entre los estratos más modernos y los estratos más antiguos erosionados e inclinados, y que representa un HIATO (laguna estratigráfica) en el registro geológico. La serie suprayacente y la subyacente están en diferente ángulo.



INCONFORMIDAD

Es una superficie que separa los estratos sedimentarios suprayacentes más modernos de las rocas IGNEAS o METAMÓRFICAS subyacentes, y que representa un hiato importante en el registro geológico.

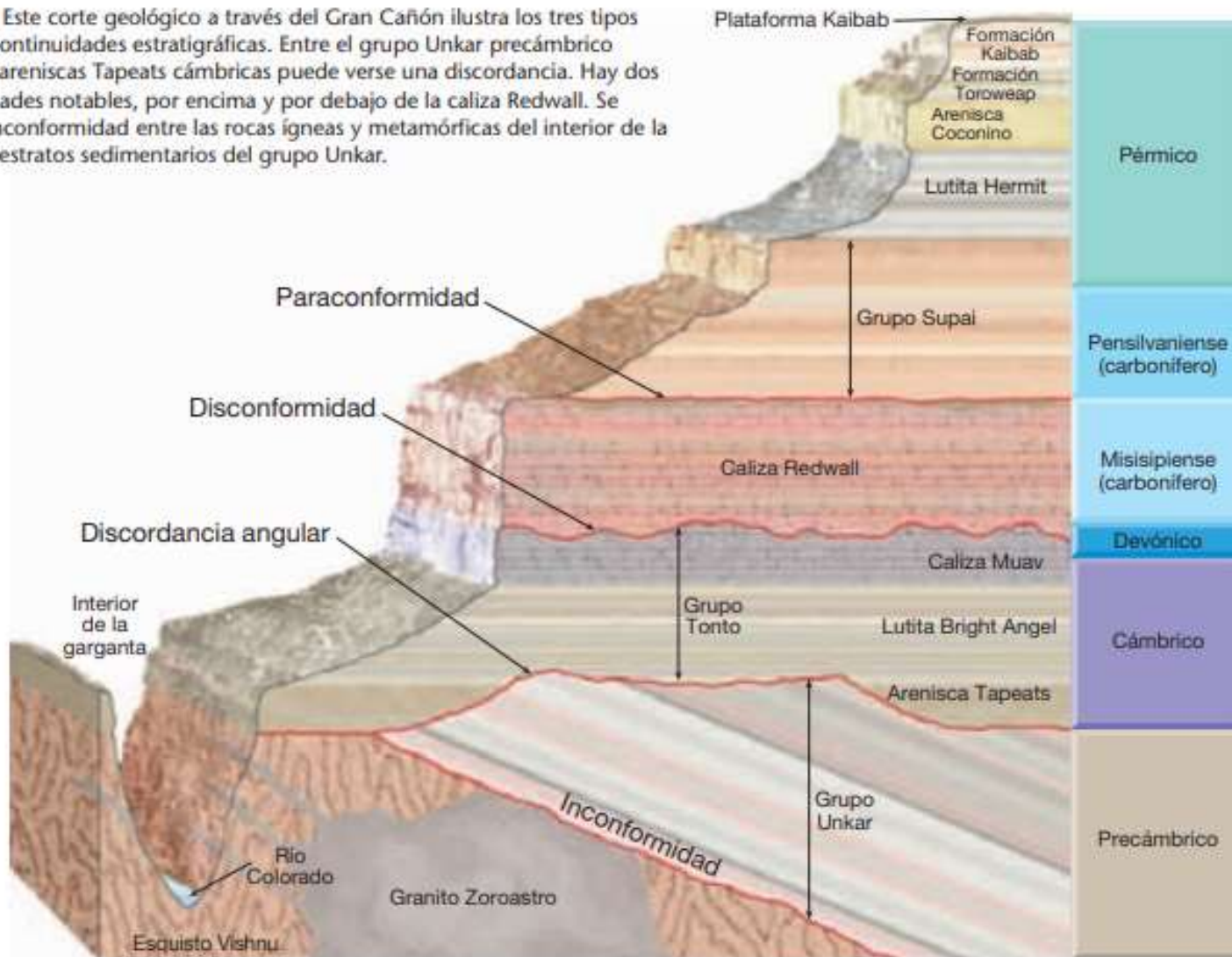


Salir del modo de pantalla completa (f)

Video player controls: play/pause, volume, progress bar (4:51 / 36:19), and a globe icon.

Video player controls: play/pause, chat, settings, and full screen icons.

► **Figura 9.5** Este corte geológico a través del Gran Cañón ilustra los tres tipos básicos de discontinuidades estratigráficas. Entre el grupo Unkar precámbrico inclinado y las areniscas Tapeats cámbricas puede verse una discordancia. Hay dos paraconformidades notables, por encima y por debajo de la caliza Redwall. Se produce una inconformidad entre las rocas ígneas y metamórficas del interior de la garganta y los estratos sedimentarios del grupo Unkar.



APLICACIÓN



Recuadro 9.1 ▶ Entender la Tierra

Aplicación de los principios de datación relativa en la superficie lunar

De la misma manera que utilizamos los principios de la datación relativa para determinar la secuencia de los acontecimientos geológicos en la Tierra, también podemos aplicar esos principios a la superficie de la Luna (así como a otros cuerpos planetarios).

También puede utilizarse el principio de intersección. Al observar un cráter de impacto que se superpone a otro, sabemos que el cráter intacto y continuo apareció después del que este último corta.

Los rasgos más evidentes de la superficie lunar son los cráteres. La mayoría de ellos se produjo por el impacto de unos objetos de movimiento rápido llamados meteoritos. Mientras que la Luna tiene miles de cráteres de impacto, la Tierra tiene sólo unos pocos. Puede atribuirse esta diferencia a la atmósfera terrestre. La fricción con el aire quema los pequeños fragmentos antes de que éstos alcancen la

superficie. Además, la erosión y los procesos tectónicos han destruido las pruebas de la mayor parte de los cráteres apreciables que se formaron durante la historia de la Tierra.

Las observaciones de los cráteres lunares se utilizan para calcular las edades relativas de distintos puntos del satélite. El principio es claro. Las regiones más antiguas han estado expuestas a los impactos de meteoritos durante un período más largo y, por tanto, tienen más cráteres. Utilizando esta técnica, podemos deducir que las regiones altas con muchos cráteres son más antiguas que las zonas oscuras, llamadas mares. La cantidad de cráteres por unidad de superficie (denominada *densidad de cráteres*) es, evidentemente, mucho mayor en las regiones altas. ¿Significa eso que las regiones altas son *mucho* más antiguas? Aunque ésta puede parecer una conclusión lógi-

ca, la respuesta es negativa. Recordemos que estamos abordando un principio de datación *relativa*. Tanto las tierras altas como los mares son muy antiguos. La datación radiométrica de las rocas lunares procedente de las misiones *Apollo* demostró que la edad de las tierras altas supera los 4.000 millones de años, mientras que los mares tienen edades que oscilan entre los 3.200 y los 3.900 millones de años. Por tanto, las densidades de cráteres tan distintas *no* son sólo el resultado de tiempos de exposición distintos. Los astrónomos han descubierto ahora que el Sistema Solar interno experimentó una disminución brusca y repentina del bombardeo meteórico hace unos 3.900 millones de años. La mayor parte de los cráteres de las regiones altas aparecieron antes de ese momento, y las coladas de lava que formaron los mares se solidificaron después.

Correlación de estratos

Para desarrollar una escala de tiempo geológico que sea aplicable a toda la Tierra, deben emparejarse rocas de edad similar localizadas en regiones diferentes. Esta tarea se conoce como correlación. Dentro de un área limitada, la correlación de las rocas de una localidad con las de otra puede hacerse sencillamente caminando a lo largo de los bordes de los afloramientos.

Sin embargo, quizá esto no sea posible cuando las rocas están ocultas bajo el suelo y la vegetación. La correlación a lo largo de distancias cortas suele conseguirse observando la posición de una capa en una secuencia de estratos. Es decir, una capa puede identificarse en otra localización si está compuesta por minerales característicos o infrecuentes.

Correlacionando las rocas de un lugar con las de otro, es posible una visión más completa de la historia geológica de una región. Véase la siguiente imagen:



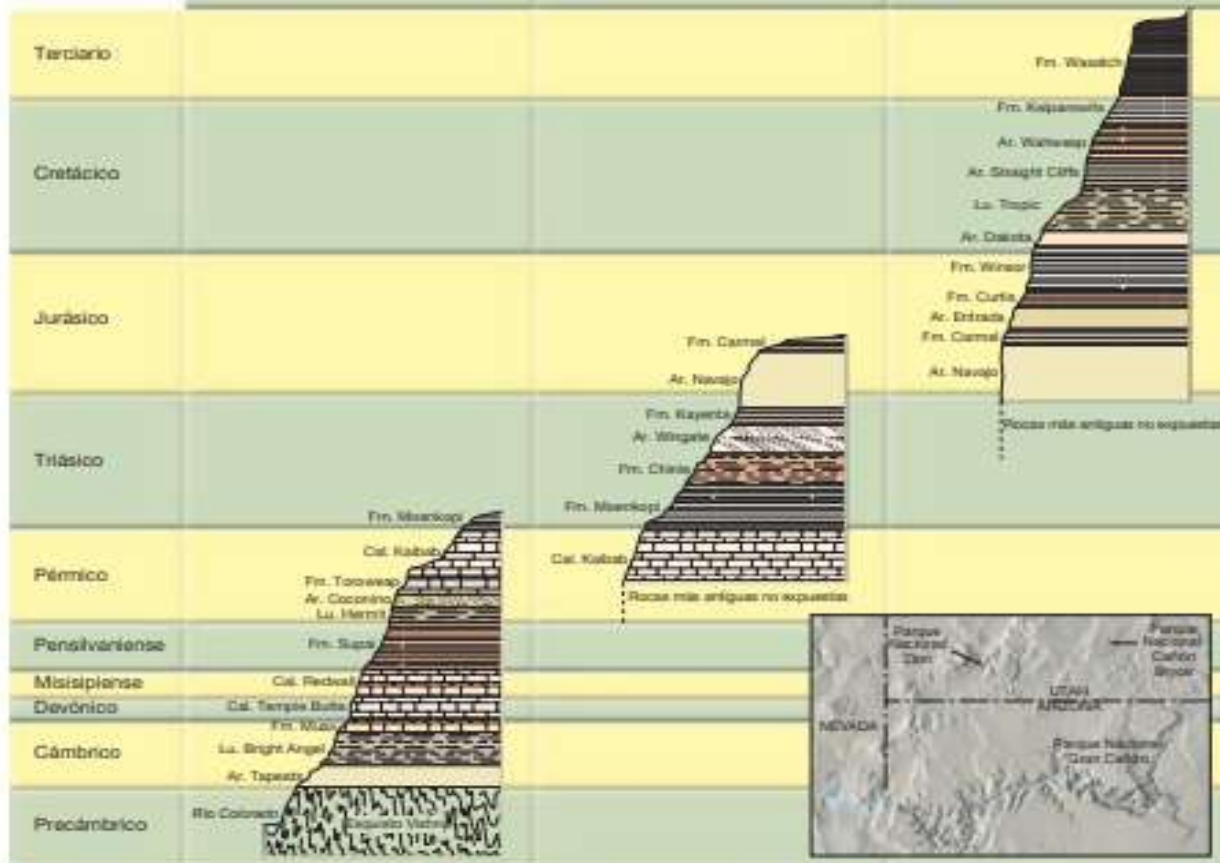
Parque Nacional Gran Cañón



Parque Nacional Zion



Parque Nacional Cañón Bryce



▲ **Figura 9.7** La correlación de estratos en tres localidades de la meseta de Colorado revela la extensión total de las rocas sedimentarias en la región. (Tomado del U. S Geological Survey; fotos de E. J. Tarbuck.)

Los fósiles y su correlación con el tiempo geológico

William Smith, descubrió que cada formación litológica de los canales en los que trabajaba contenía fósiles diferentes de los encontrados en los estratos superiores o inferiores. Además, observó que podían identificarse (y correlacionarse) estratos sedimentarios de áreas muy separadas por su contenido fósil característico. Basándose en las observaciones clásicas de Smith y los hallazgos de muchos geólogos que le siguieron, se formuló uno de los principios más importantes y básicos de la historia geológica: Los organismos fósiles se sucedieron unos a otros en un orden definido y determinable y, por consiguiente, cualquier período puede reconocerse por su contenido fósil.

Esto ha llegado a conocerse como el principio de la *sucesión de fósiles*. En otras palabras, cuando los fósiles se ordenan según su edad, no presentan una imagen aleatoria ni fortuita. Por el contrario, los fósiles documentan la evolución de la vida a través del tiempo.

Los fósiles y su correlación con el tiempo geológico

Cuando se descubrió que los fósiles eran indicadores temporales, se convirtieron en el medio más útil de correlacionar las rocas de edades similares en regiones diferentes. Los geólogos prestan una atención particular a ciertos fósiles denominados fósiles índice o guía. Estos fósiles están geográficamente extendidos y limitados a un corto período de tiempo geológico, de manera que su presencia proporciona un método importante para equiparar rocas de la misma edad. Además de ser herramientas importantes y a menudo esenciales para correlacionar, los fósiles son importantes indicadores ambientales. Aunque puede deducirse mucho de los ambientes pasados estudiando la naturaleza y las características de las rocas sedimentarias, un examen próximo de los fósiles presentes puede proporcionar normalmente mucha más información. Por ejemplo, cuando se encuentran en una caliza los restos de ciertas conchas de almejas, el geólogo puede suponer de manera bastante razonable que la región estuvo cubierta en alguna ocasión por un mar somero. Además, utilizando lo que sabemos con respecto a los organismos vivos, podemos concluir que los animales fósiles con caparazones gruesos capaces de soportar olas que los golpean hacia un lado y hacia otro habitaban en las líneas de costa.

Los fósiles y su correlación con el tiempo geológico

Cuando se descubrió que los fósiles eran indicadores temporales, se convirtieron en el medio más útil de correlacionar las rocas de edades similares en regiones diferentes.

Los geólogos prestan una atención particular a ciertos fósiles denominados fósiles índice o guía. Estos fósiles están geográficamente extendidos y limitados a un corto período de tiempo geológico, de manera que su presencia proporciona un método importante para equiparar rocas de la misma edad.. Las formaciones litológicas, sin embargo, no siempre contienen un fósil índice específico.

En esas situaciones, se utilizan los grupos de fósiles para establecer la edad del estrato. En la siguiente Figura se ilustra cómo un conjunto de fósiles puede utilizarse para datar rocas con más precisión de lo que podría realizarse utilizando uno cualquiera de los fósiles

Los fósiles y su correlación con el tiempo geológico

