MÉTODO CIENTÍFICO (ESQUEMA COMPLETO)



1. **La Geología es una ciencia formal**:
   No se basa en intuiciones, sino en un proceso estructurado y riguroso.
2. El esquema muestra que el método científico **no es lineal**, sino **iterativo**:
   – Se parte de una **duda o problema**.
   – Se formula una **hipótesis**.
   – Se hace un **diseño experimental** (en geología puede ser análisis de muestras, cartografía, dataciones…).
   – Se obtienen **resultados**.
   – Se **evalúan**.
   – Se llega a conclusiones que pueden **refutar o apoyar** la hipótesis.
   – Si se refuta, se vuelve a empezar (**reformulación**, **revisión**).
3. La presencia de **"ley / principio / teoría"** indica que:
   – En geología no suele haber "leyes" universales como en física.
   – Se construyen **teorías que resumen procesos naturales complejos** (tectónica de placas, deriva continental…).
4. Es nos muestra que la geología **avanza despacio, por acumulación de evidencias**, porque estudia procesos enormes en tiempo y espacio.

INDUCTIVO / DEDUCTIVO: DOS CAMINOS PARA CONSTRUIR CIENCIA

En este punto partimos de dos bloques:

- **Observaciones → Hipótesis → Teoría** (inductivo)
- **Hipótesis → Observaciones → Teoría** (deductivo)

¿Qué nos quiere transmitir?

1. **El razonamiento inductivo**:
   – Es el más clásico en geología.
   – El geólogo observa un paisaje, un afloramiento, una estructura… y formula una explicación.
   – Ejemplo: veo estratos doblados → deduzco que ha habido presión y tiempo → formulo una teoría sobre la formación de un pliegue.
2. **El razonamiento deductivo**:
   – Más moderno y propio de la geodinámica.
   – Se parte de una hipótesis general y luego se buscan datos que la confirmen o la derriben.
   – Ejemplo: creo que dos placas chocan aquí → busco terremotos, volcanes, alineación de montañas…
3. Esto nos muestra que **la geología utiliza ambos métodos**, y que la teoría se construye:
   – Recogiendo datos.
   – O poniendo a prueba ideas previas.
4. También evidencia que la ciencia **no es solo recopilar datos**, sino **interpretarlos dentro de un razonamiento coherente**.

⇒ Ejemplos reales:

Esta imagen muestra un conjunto de formaciones afiladas, densas y repetitivas que de entrada podrían ser **estalactitas o formaciones calcáreas en superficie.**

El **método científico en geología empieza por observar** algo extraño o llamativo.

Aquí, el geólogo se pregunta:

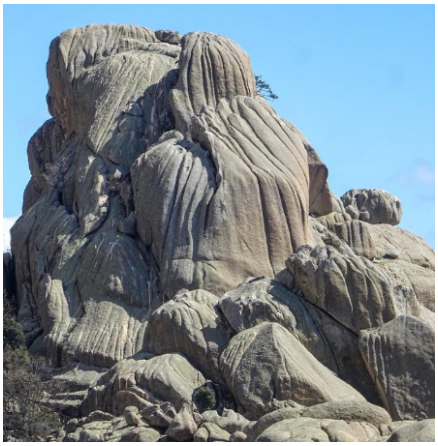


– ¿Por qué estas formaciones tienen esta forma?
– ¿Qué proceso las genera?
– ¿Qué condiciones ambientales las producen?

Es un ejemplo de **"fenómeno natural que despierta duda y genera hipótesis"**.

GRAN AFLORAMIENTO ROCOSO (MACIZO GRANÍTICO)

Aquí se ve un bloque enorme de rocas redondeadas, típico de **granito meteorizado** (podría ser similar a La Pedriza, Madrid).



Qué quiere transmitir:
La geología estudia **estructuras masivas**, no pequeñas muestras.
Esta imagen obliga a plantearse:

– ¿Qué tipo de roca es?
– ¿Cómo se ha fracturado y redondeado?
– ¿Qué esfuerzos y qué tiempo han sido necesarios para formar ese paisaje?

Aquí se ilustra la necesidad de **interpretar formas grandes y complejas a partir de la observación**.

MONTÍCULO AISLADO EN UN VALLE

Se ve una "colina" solitaria en una llanura verde. Podría ser un **pingo** (típico en zonas periglaciares), un **túmulo glaciar**, un **montículo sedimentario**, etc.



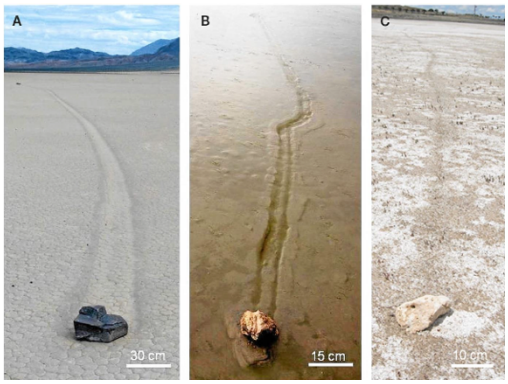
Qué quiere transmitir:
La observación de un relieve anómalo obliga al geólogo a **investigar el origen del relieve**, preguntándose:

– ¿Por qué hay una elevación aislada en un terreno plano?
– ¿Es natural? ¿Qué proceso la ha creado?
– ¿Qué historia del terreno revela?

Esta imagen muestra cómo **el paisaje es un libro que se interpreta con preguntas**.

ROCAS QUE "SE MUEVEN" EN UN LAGO SECO

Estas son las famosas **piedras deslizantes del Racetrack Playa (California)**. Se observan rocas en una superficie lisa con largas huellas detrás.



Qué quiere transmitir:
Un ejemplo clásico de fenómeno **misterioso** que requiere método científico:

– ¿Cómo se han movido las rocas sin intervención humana?
– ¿Por qué los surcos son rectos o curvos?
– ¿Qué condiciones lo permiten?

Hoy sabemos que el agua de lluvia o el deshielo llenan la llanura con una fina capa de agua que se congela por la noche, formando finas placas de hielo que envuelven a las rocas. Por la mañana, el sol derrite parcialmente el hielo, y el viento empuja estas finas placas de hielo, que a su vez desplazan las rocas a lo largo de la superficie de barro y arcilla, dejando un rastro tras de sí.

La clave del profesor: **observar → plantear hipótesis → investigar → resolver**.

BOCETO GEOLÓGICO CLÁSICO (ESTRATOS PLEGADOS)

Aquí tenemos un dibujo antiguo de geólogos del siglo XIX o principios del XX: estratos inclinados, posiblemente pliegues o discordancias.



Qué quiere transmitir:
Antes de las fotografías y drones, la geología se hacía **a mano**, observando y dibujando.
Este dibujo representa:

– La necesidad de **describir con precisión lo observado**.
– Que la geología implica trabajar en campo, interpretar estructuras y registrarlas.

La intención es mostrar que **la observación cuidadosa ha sido siempre la base de la geología**.

GRABADO DE ACANTILADOS Y GEÓLOGOS EN LA COSTA

Una escena antigua con naturalistas estudiando un acantilado.



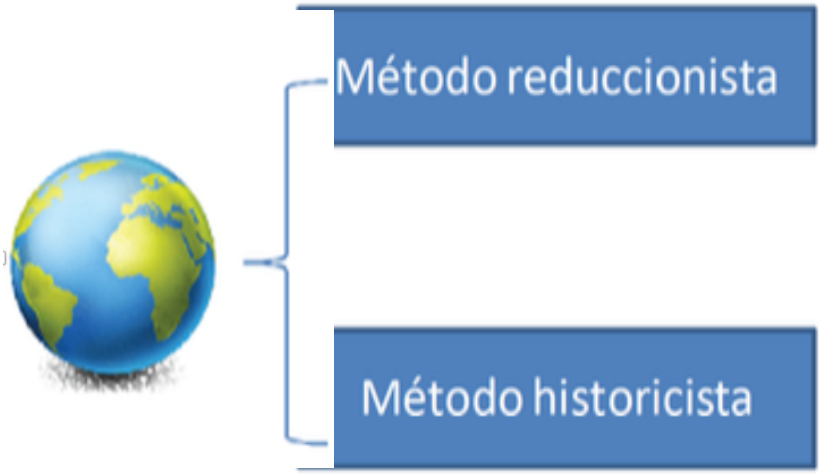
Qué quiere transmitir:
La geología nace como ciencia **en el campo**, observando estratos al descubierto, midiendo pendientes, tomando muestras.
Este grabado representa:
– El valor histórico de la observación.
– Cómo se interpretaban estratos, fallas o pliegues antes del instrumental moderno.
– Que la relación entre **paisaje y ciencia** es esencial.
Es una llamada a entender que **para pensar como geólogo hay que mirar, comparar y deducir**.

REDUCCIONISMO E HISTORICISMO

La geología estudia dos dimensiones distintas de la Tierra:
– **Cómo funciona** (procesos físicos y químicos).
– **Cómo ha cambiado** con el tiempo.

Para ello se han utilizado dos métodos:

1. **El método reduccionista** representa el enfoque "de laboratorio" buscando explicar los sistemas geológicos complejos y dividirlos en sus componentes más simples y analizando sus propiedades básicas (minerales, presión, temperatura, composición química) y piensa en reacciones, deformaciones, cristalización… explicando **el mecanismo**.



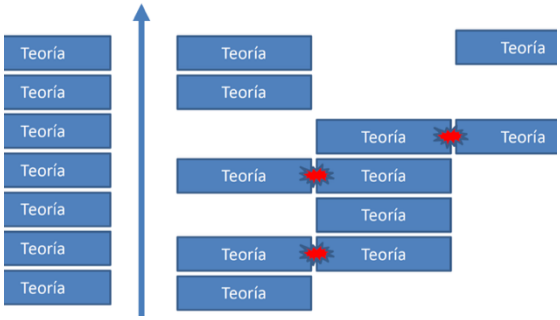
2.**El método historicista** representa el enfoque "de historiador de la Tierra" estudiando sus transformaciones, desde su formación hasta la actualidad, basándose en la **estratigrafía** y la **paleontología** para reconstruir los eventos pasados. Se apoya en el **principio de la datación relativa**, que ordena los eventos geológicos basándose en la superposición de capas de rocas, y la **datación absoluta**, que usa la radiactividad para determinar la edad exacta de las rocas.

De esta manera:
– Ordena eventos.
– Determina qué ocurrió antes y después.
– Reconstruye el pasado geológico.

3. El profesor deja claro que **ambos métodos son necesarios**:
– La **geodinámica** se entiende con el reduccionismo.
– La **estratigrafía** y **paleontología** con el historicismo.

AVANCE CIENTÍFICO: BLOQUES DE TEORÍAS

Vamos a analizar la manera de trabajar con las distintas cajas de "Teoría" que tenemos alineadas vertical y horizontalmente.



Qué quieren transmitir

1. La geología **no avanza limpiando teorías antiguas**, sino **acumulándolas**, conectándolas y sustituyéndolas poco a poco.
2. El campo vertical de teorías muestra **la evolución histórica**: nuevas teorías se apoyan en las antiguas, pero no las eliminan del todo.
3. El campo horizontal muestra **cambios de paradigma**: cuando una teoría antigua es reemplazada o reorganizada por otra mejor fundamentada.

4. Los “asteriscos rojos” indican **momentos de ruptura**: descubrimientos que obligan a revisar todo lo anterior (por ejemplo, la tectónica de placas).
5. El mensaje: La geología es **una ciencia que corrige y adapta**, no dogmática.
6. Es importante considerar que **las teorías geológicas conviven entre sí**.
7. **No hay una sola teoría que explique todo**:
   – unas se especializan en volcanes,
   – otras en montañas,
   – otras en fósiles,
   – otras en dinámica interna…

⇒ El profesor Insiste en que la ciencia **crece como un mosaico**, no como un edificio lineal.

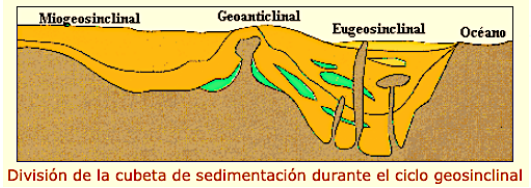
EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS GEOLÓGICOS

El geosinclinal, el fijismo y el movilismo son conceptos que evolucionaron hasta convertirse en la actual teoría de la tectónica de placas.

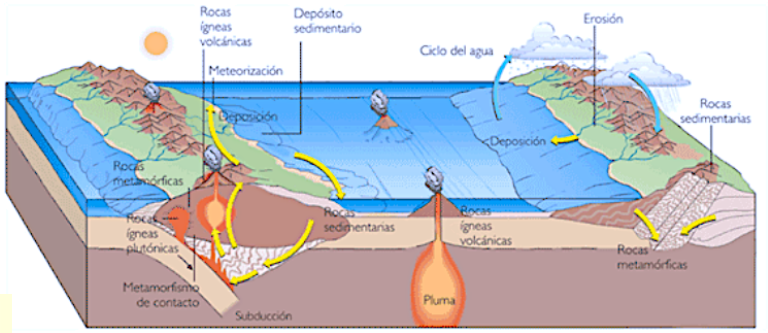
GEOSINCLINAL	FIJISMO	MOVILISMO	TECTÓNICA DE PLACAS
Teoría que explicaba que las montañas, por la acumulación de sedimentos se hundían y plegaban.	Teoría que sostiene que los continentes y los seres vivos han permanecido inalterables desde su creación y no han evolucionado.	Corriente de pensamiento que rechaza la idea de que el mundo geográfico ha permanecido estático, proponiendo que las masas terrestres se han desplazado y reorganizado a lo largo de la historia.	Teoría científica que explica que la **litosfera** (la capa más externa de la Tierra) está dividida en varias placas rígidas que se mueven constantemente sobre la **astenosfera**, una capa de roca caliente y semilíquida en el manto.

Qué nos trasmite

1. **Modelos antiguos** (geosinclinal y fijismo):
   – Intentos iniciales de explicar cómo se formaban montañas y continentes.
   – Hoy están superados.
2. **Movilismo**:
   – Primeras ideas de **Alfred Lothar Wegener (1880-1930),** meteorólogo y geofísico alemán sobre deriva continental.
   – En su época fue ridiculizado porque no se conocía un mecanismo físico para mover continentes.
3. **Tectónica de placas** (modelo moderno):
   – El gran cambio de paradigma (años 60–70). Explica volcanes, terremotos, cordilleras, nuevos océanos, cierre de mares…
   – Es la teoría integradora actual.



División de la cubeta de sedimentación durante el ciclo geosinclinal

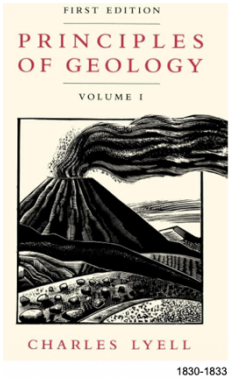


El mensaje es claro:

La geología ha cambiado profundamente en el último siglo.

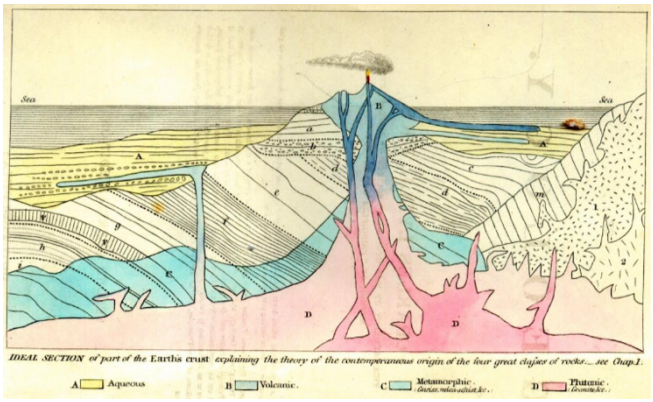
CHARLES LYELL (1830–1833)

Portada de su libro *Principles of Geology*



Qué quiere transmitir:

1. **Charles Lyell (1797-1875)**, geólogo británico y paleontólogo, es considerado uno de los fundadores de la geología moderna y padre del **uniformismo**, el **gradualismo** y el **actualismo**, principios científicos y filosóficos que sostiene que los procesos geológicos, biológicos y físicos que observamos hoy en día son los mismos que han actuado a lo largo de la historia de la Tierra, y que el presente es la clave para entender el pasado, a la vez que sostenía la idea de que el cambio ocurre en pequeños pasos o procesos lentos y continuos, en lugar de cambios abruptos



Su frase: *"El presente es la clave del pasado"*.

2. Su obra enseñó a pensar que los procesos lentos (erosión, sedimentación) acumulados durante millones de años explican el paisaje actual.
3. Es la base del pensamiento geológico contemporáneo.
4. Su dibujo de estratos inclinados ilustra cómo **Lyell** interpretaba afloramientos con una lógica moderna.

CATASTROFISMO – UNIFORMISMO - NEOCATRASTOFISMO



1. **El catastrofismo fue la explicación dominante antes del siglo XIX**:

Se creía que la historia de la Tierra estaba marcada por **grandes catástrofes puntuales**: diluvios, incendios globales, terremotos devastadores, etc.

2. Esta imagen del diluvio no es casual:

Se ha estado **mezclando la ciencia y la religión** en la interpretación del mundo natural antes de la geología moderna.

3. El catastrofismo afirmaba que las extinciones ocurrían por **eventos súbitos** que barrían la vida.
4. Esta idea fue importante en su momento, pero **insuficiente** para explicar la mayoría de los procesos geológicos.



La ciencia, sin embargo, se fue haciendo fuerte en sus investigaciones y descubrimientos dando paso al:

- **Uniformismo**:

– Uniformidad de leyes físicas
– Uniformidad de procesos
– Uniformidad de ritmo
– Uniformidad de condiciones

1. **Contraste entre dos visiones del tiempo geológico**:
    - El **catastrofismo**: grandes eventos rápidos.
    - El **uniformismo**: procesos lentos, constantes y acumulativos.

2. La foto del **Gran Cañón** sirve de ejemplo del uniformismo:
   – Kilómetros de estratos acumulados por **erosión lenta**, sedimentos sucesivos y millones de años.
   – Todo eso no se explica mediante un único evento brusco.
3. Las cuatro uniformidades explican la base del pensamiento geológico moderno:
   – Las leyes físicas no cambian.
   – Los procesos actuales (ríos, mareas, viento) son los mismos del pasado.
   – El ritmo es constante, salvo excepciones.
   – Las condiciones cambian, pero dentro de límites razonables.
4. Por todo ello, es importante entender que **el uniformismo fue la revolución científica previa a la tectónica de placas**.



NEOCATASTROFISMO

1. La geología moderna **integra ambas visiones**:
   – La Tierra funciona sobre todo mediante procesos lentos (**uniformismo**).
   – Pero **a veces** hay eventos catastróficos reales: impactos, supervolcanes, megatsunamis.
2. El impacto meteorítico (similar al que extinguió a los dinosaurios) simboliza el **neocatastrofismo**:
   – Reconoce la existencia de catástrofes naturales, pero las inserta dentro de una evolución geológica lenta y continua.
3. Es una postura **equilibrada** y científica, basada en pruebas y no en mitos.
4. De modo que, **los extremos (solo catástrofes o solo lentitud) son insuficientes**.

ACTUALISMO, UNIFORMISMO Y EQUILIBRIO DINÁMICO

Veamos estos tres conceptos clave:

- **Actualismo**: el presente explica el pasado.
- **Uniformismo**: los procesos antiguos son los mismos que los actuales.
- **Equilibrio dinámico**: creación y destrucción constantes.

Por todo ello:

1. Es imprescindible diferenciar claramente actualismo y uniformismo (que a menudo se confunden).
   – Actualismo = método de interpretación.
   – Uniformismo = afirmación sobre la naturaleza de los procesos.
2. El **equilibrio dinámico** es una visión moderna:
   – Nada en la Tierra es estático.
   – Se crean montañas, se erosionan, se sedimentan cuencas, se hunden litosferas…
3. La Tierra es un sistema **autoajustado**: toda creación lleva aparejada destrucción y viceversa.

MORFOGÉNESIS Y EXTINCIONES

Charles Lyell, en su obra "Principios de Geología" distingue dos procesos básicos de la morfogénesis geológica, dos procesos que se habrían producido periódicamente, compensándose el uno al otro:

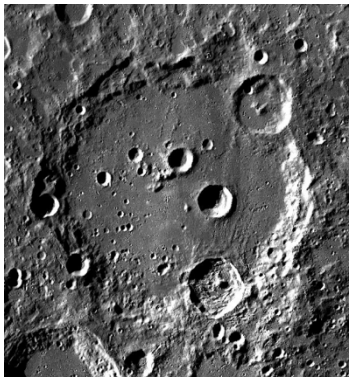
- **Procesos acuosos** (erosión + sedimentación)
- **Procesos ígneos** (volcánicos + sísmicos)
- **Extinciones y creación de especies**

⇒ Esto le sirvió más tarde a **Darwin** para publicar en 1859 su obra "El origen de las especies".

Todos estos avances científicos transmitían que:

1. La historia de la Tierra se explica combinando **dos grandes fuerzas**:
   – Agua (modelado superficial)
   – Magma (modelado interno)
2. Ambas fuerzas actúan **cíclicamente**, compensándose:
   – El agua desgasta.
   – El vulcanismo crea nueva corteza.
3. En la vida ocurre algo similar:
   – Extinciones cíclicas.
   – Creación o aparición de nuevas especies.
   – Grandes cambios climáticos provocados por el movimiento continental.
4. El pensamiento geológico influyó en la evolución biológica. Una Tierra antigua permitía la evolución lenta de las especies.

De esta manera vemos que **la geología y la biología evolucionista están íntimamente unidas**.



NUEVAS TÉCNICAS, NUEVOS DESCUBRIMIENTOS

1. La geología es una ciencia **viva**, que sigue expandiéndose con nuevas tecnologías.
2. El análisis de imágenes de alta resolución (como esta, probablemente de Marte o la Luna) permite:
   – Comparar procesos terrestres con procesos planetarios.
   – Entender impactos, vulcanismo, fracturas…
3. La geología moderna es también **planetaria**:
   – Usa sondas, vehículos robotizados, radar, espectrometría…
   – Interpreta superficies de otros mundos.

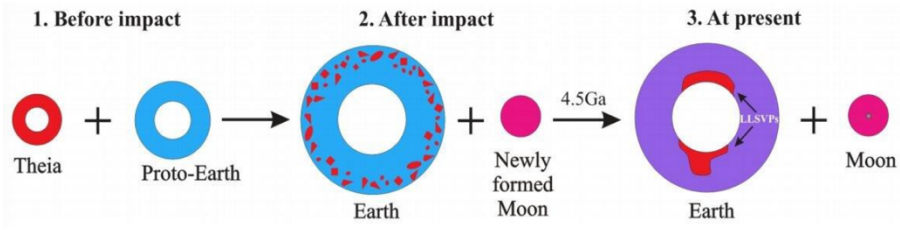
La geología moderna no está "acabada"; se renueva constantemente.



1. Estudia **procesos gigantescos**, incluidos los del origen de los planetas.
2. Investiga la hipótesis del **impacto gigante** que formó la Luna.
3. Las teorías geológicas incorporan información de:
   – Física,
   – Astronomía,
   – Geoquímica,
   – Modelización computacional.
4. La geología abarca desde lo microscópico a lo planetario.

FORMACIÓN DE LA LUNA (THEIA + PROTO-TIERRA)

Infografía por etapas:
1. Antes del impacto
2. Impacto
3. Después del impacto
4. Formación de la Luna



Qué quiere transmitir:
1. Explica visualmente el modelo actual aceptado para el origen de la Luna.
2. Enseña que la geología **reconstruye procesos de hace 4.500 millones de años**.
3. Muestra que con técnicas modernas podemos entender eventos que nunca veremos.
4. Subraya la **interdisciplinariedad** de la geología.