

Yacimientos Minerales

BLOQUE II. GÉNESIS DE YACIMIENTOS MINERALES

Yacimientos sedimentarios

Yacimientos de concentración química



Gema Fernández Maroto

Departamento de Ciencias de la
Tierra Y Física de La Materia
Condensada

Este material se publica con licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)





YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS



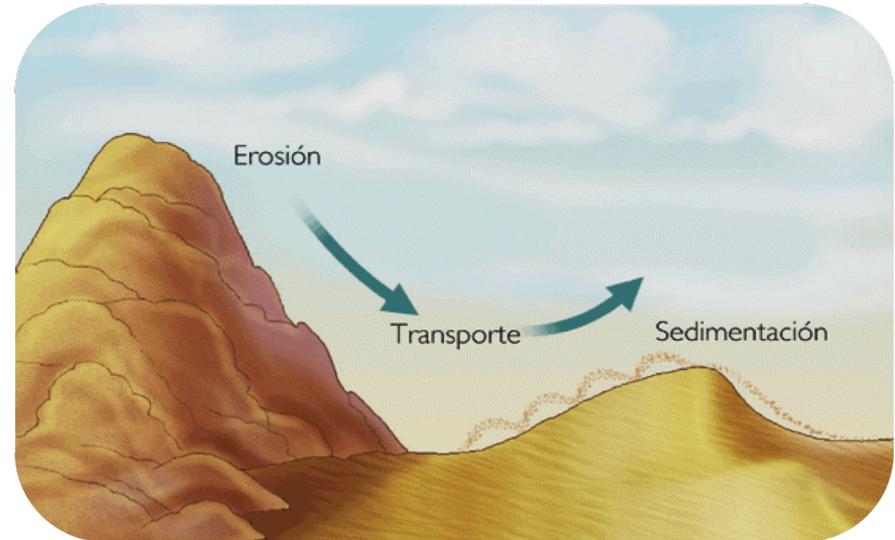
YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

- La deposición de minerales por procesos generados en la superficie terrestre, sin intervención de fuerzas endógenas, puede producir **“yacimientos sedimentarios”** de interés económico.
- La meteorización mecánica, química y biológica produce sedimentos silíceos, calcáreos y biogénicos que se depositan gravimétricamente o por precipitación química; si entre los sedimentos se concentran compuestos metálicos capaces de formar minerales, se obtiene un depósito mineral que puede ser económicamente rentable.
- Los **"yacimientos sedimentarios"** se sitúan en función de la dinámica de los medios de transporte y sedimentación. Tanto si se derivan de procesos químicos, mecánicos, biológicos o exhalativos, las menas sedimentarias son yacimientos singenéticos.

INTERÉS ECONÓMICO DE LOS YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

Los yacimientos sedimentarios pueden tener interés económico debido a que:

- Suelen ser yacimientos de grandes dimensiones y, en muchos casos explotados a “cielo abierto”.
- Son muy regulares en toda su extensión, tanto en potencia como en leyes.
- La diferencia entre las capas sedimentarias suele ser neta, lo que la facilita su explotación.
- Las rocas encajantes son siempre rocas sedimentarias.





PROCESOS DE FORMACIÓN DE LOS YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

PROCESOS MECÁNICOS: La concentración mecánica de minerales se produce exclusivamente por procesos físicos generados en el contacto Corteza-Atmósfera, sin cambios químicos en la composición de los minerales, realizándose siempre sobre minerales estables a las condiciones físico-químicas externas.

PROCESOS QUÍMICOS: Los minerales, especialmente los metálicos, se forman en unas condiciones físicoquímicas determinadas, distintas a las existentes en la superficie terrestre. Cuando se ponen en contacto con la atmósfera, se modifican estas condiciones y se vuelven inestables. Los procesos de oxidación, reducción, disolución, transporte y precipitación química originan minerales estables a las nuevas condiciones del medio.



PROCESOS DE FORMACIÓN DE LOS YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

PROCESOS BIOGÉNICOS: Se denominan yacimientos biogénicos cuando sus minerales son generados por la alteración química o biológica sobre organismos vivientes (vegetales en carbón o vegetales y animales en el petróleo), o por la acción de organismos biológicos sobre determinados minerales (pirita bacteriana).

Los procesos biogénicos pueden producir una doble acción erosiva; las raíces de las plantas tienen una acción mecánica por su penetración en las rocas, y una acción química debida a los ácidos orgánicos que producen. El resultado es la transformación de unos minerales en otros y formación de determinados yacimientos.

Génesis de los Yac. Sedimentarios:

- Origen de los minerales:
 - Rocas o depósitos sed. antiguos.
 - Diseminaciones en rocas.
- Transporte de los materiales:
 - Eólico
 - Glaciar
 - Fluvio-lacustre
 - Marino.
- Sedimentación:
 - En f(densidad), la afinidad química y condiciones del medio de sedimentación.



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

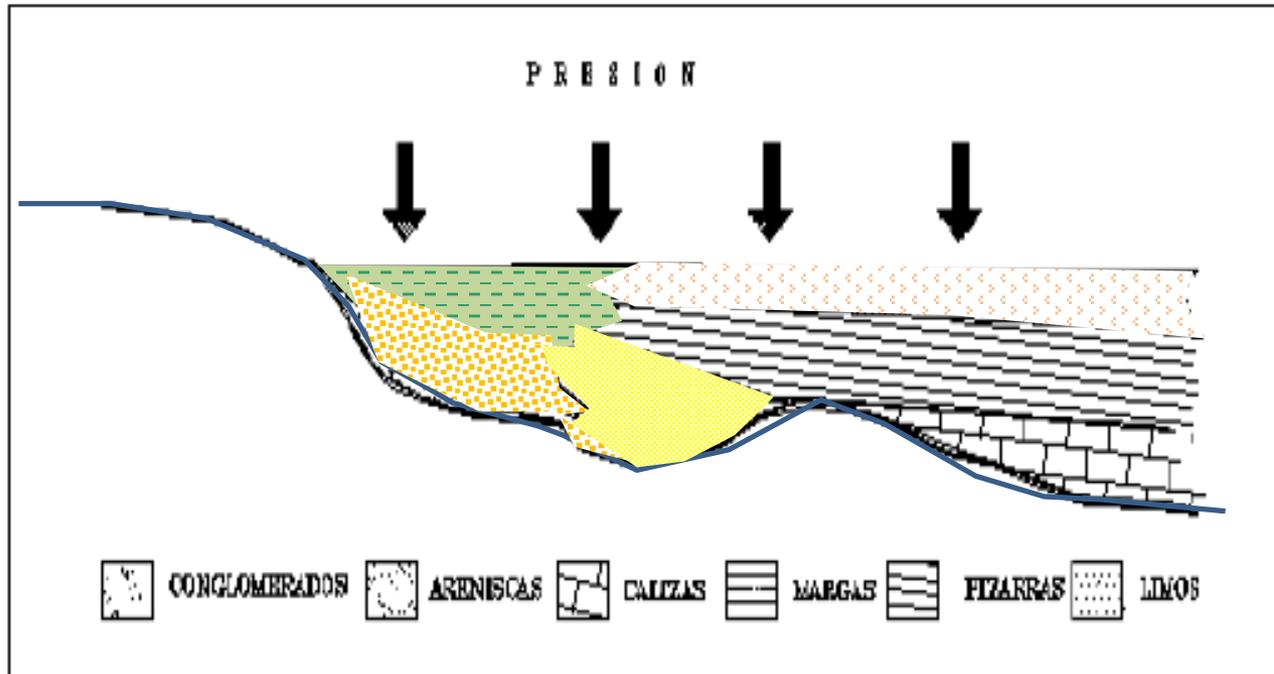


Fig.41.- Cuando los minerales inalterables llegan a la cuenca de sedimentación se depositan por gravedad. A continuación se inician los procesos diagenéticos en los que los sedimentos no consolidados, se transforman en rocas.

Clasificación de los Yac. Sedimentarios

- **Yacimientos sedimentarios SIN CONSOLIDAR**
 - **Alóctonos:** sus componentes han sufrido transporte antes del depósito:
 - PLACERES
 - SALINAS
 - **Autóctonos:** sus componentes no han sufrido transporte :
 - ELUVIALES
 - GOSSANS
 - TURBAS
- **Yacimientos sedimentarios CONSOLIDADOS**

Clasificación de los Yac. Sedimentarios

- **Yacimientos sedimentarios CONSOLIDADOS:**
 - **Alóctonos:** Orgánicos, capas de carbón alóctono antiguas (antracita, hulla y petróleo). Diapiros salinos (extrusiones de evaporitas consolidadas). Capas de areniscas y carbonatos con minerales metálicos. Yacimientos volcanogénicos y exhalativo-sedimentarios. Paleoplaceres, yacimientos de oro del Withwatersrand.
 - **Autóctonos:** Orgánicos: Capas de carbón autóctonas. Residuales: Gossans, yacimientos de bauxita y lateritas. Precipitación química: Enriquecimiento secundario.

YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS sin consolidar

PLACERES

Los yacimientos sedimentarios sin consolidar son aquellos en los que los materiales se encuentran sueltos (cantos, arenas, limo) y no han sufrido procesos diagenéticos o de metamorfismo.

Pueden ser **alóctonos**, en los que sus componentes han sufrido procesos de transporte (fluvial, eólico, glaciario, etc.) antes de su deposición, siendo los más importantes los placeres y las salinas.

Los yacimientos sedimentarios **autóctonos** no han sufrido los procesos de transporte (se encuentran en el mismo lugar de su formación), destacando los depósitos eluviales, los “gossans”, las turbas, etc.



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS sin consolidar

- **Placeres:** Son depósitos alóctonos de materiales heterogéneos, sin consolidar, que han sufrido un proceso de transporte (la intensidad del transporte se reconoce por la esfericidad de los granos). Los placeres constituyen importantes yacimientos de minerales metálicos y no metálicos. Para la formación de un placer es muy importante la estabilidad de los minerales en las condiciones físico-químicas existentes en la superficie terrestre. Pueden ser marinos, fluviales, glaciares, fluvioglaciares o eólicos, dependiendo de la fuente de energía que los ha erosionado, transportado y depositado.
- **Salinas:** Los minerales salinos proceden de la disolución de las sales que contienen las rocas al contacto con las aguas superficiales. Son transportadas en disolución hasta el mar o lagos endorreicos. La evaporación del agua del mar o de los lagos salados produce la precipitación de las sales por sobresaturación.



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS sin consolidar

- ***Depósitos eluviales:*** Son depósitos autóctonos. Los yacimientos eluviales y coluviales se forman en la cabecera de los ríos y apenas sufren transporte, sus materiales son heterogéneos y cantos angulosos.
- ***Yacimientos de turba:*** La formación de los carbones comienza con la turba que se genera en lugares pantanosos con vegetación intensa, en condiciones anaerobias, transformando la madera en carbón, en el mismo lugar de crecimiento. Muchos yacimientos de turba actuales se están formando en lugares fríos a partir de arbustos, musgos y líquenes.
- ***Yacimientos residuales:*** Son yacimientos autóctonos formados por la disolución de la parte estéril de una mineralización. Al lixiviarse el estéril aumenta la concentración de minerales útiles llegando a formar un yacimiento. Ejemplo de estos son las mineralizaciones de bauxita, los gossans de los yacimientos de piritita, etc.

MODELO GENÉTICO

- Área fuente con minerales diseminados de interés económico.
- Procesos:
 - Meteorización
 - Erosión
 - Transporte → efecto de desgaste



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS CONSOLIDADOS

- ***Paleoplaceres:*** Son placeres antiguos consolidados que contienen minerales económicamente rentables.
- ***Evaporitas:*** Cuando las sales se sedimentan en el geosinclinal y son cubiertas por sedimentos terrígenos, comienza la diagénesis formando capas. ***Diapiros.***
- ***Orgánicos:*** Las capas de carbón se forman a partir de vegetales que pueden quedar "in situ" (capas autóctonas) y pueden transformarse allí mismo, o transportarse y depositarse en lagos o zonas marítimas costeras, formando capas de carbón alóctonas.



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS CONSOLIDADOS

- ***Minerales metálicos:*** Los minerales metálicos que son arrancados de las rocas pueden ser minerales inalterables que se depositan por gravimetría y, posteriormente, sufrir procesos de diagénesis. Los principales yacimientos del primer tipo son las capas de areniscas, calizas o pizarras conteniendo mineralizaciones detríticas de minerales como el oro, pirita, calcopirita, blenda y galena.
- ***Minerales de precipitación química o enriquecimiento secundario:*** La formación de gossans produce la lixiviación de minerales superficiales, que se introducen por fisuras en el interior de la corteza y se concentran en la zona de reducción, produciendo minerales secundarios de mayor ley (zona de reducción de los gossans de pirita).



LOCALIZACION DE LOS YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

La localización de un yacimiento sedimentario se ve facilitada por el conocimiento de su génesis que depende del medio sedimentario en el que se formó el depósito:

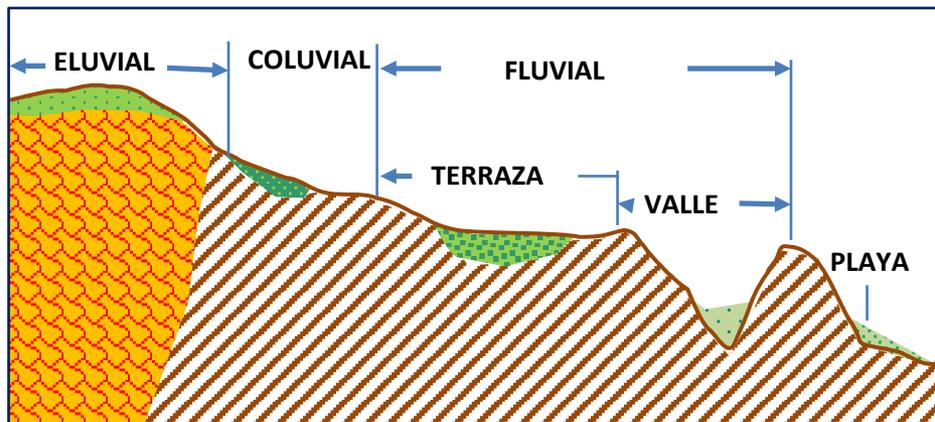
- ***Situación geográfica:*** La climatología de una región ha variado a lo largo de los tiempos de acuerdo con la posición de los polos y el ecuador en el momento de su formación.
- ***Modificaciones físico-químicas del medio:*** La precipitación de minerales depende de las condiciones físico-químicas del medio, que pueden modificarse a través del tiempo.
- ***Modificaciones biológicas:*** Liberación de elementos químicos por procesos biológicos (modificaciones bacterianas del pH).
- ***Paleogeografía:*** Muchos depósitos sedimentarios se ven favorecidos en su génesis por la morfología del terreno de deposición, cuencas de ríos, lagos o geosinclinales.
- ***Petrografía:*** Las características petrológicas son fundamentales para la formación de yacimientos sedimentarios. Las condiciones físicas y químicas de las rocas favorecen o impiden la formación de determinados tipos de yacimientos.

PLACERES

- Son depósitos de minerales inalterables (oro, casiterita, diamantes) procedentes de la denudación de las rocas que contienen diseminaciones de minerales metálicos, preciosos o semipreciosos. También pueden proceder de yacimientos primarios o secundarios preexistentes.
- Son un conjunto de materiales sueltos que no han sufrido procesos diagenéticos ni metamórficos. Suelen ser minerales pesados, metálicos o no, estables en condiciones atmosféricas, y se concentran por densidad. Los minerales metálicos suelen ser más densos que los formadores de rocas.
- Los placeres actuales están formados por arenas y gravas recientes entre las que se encuentran los minerales valiosos.

PLACERES

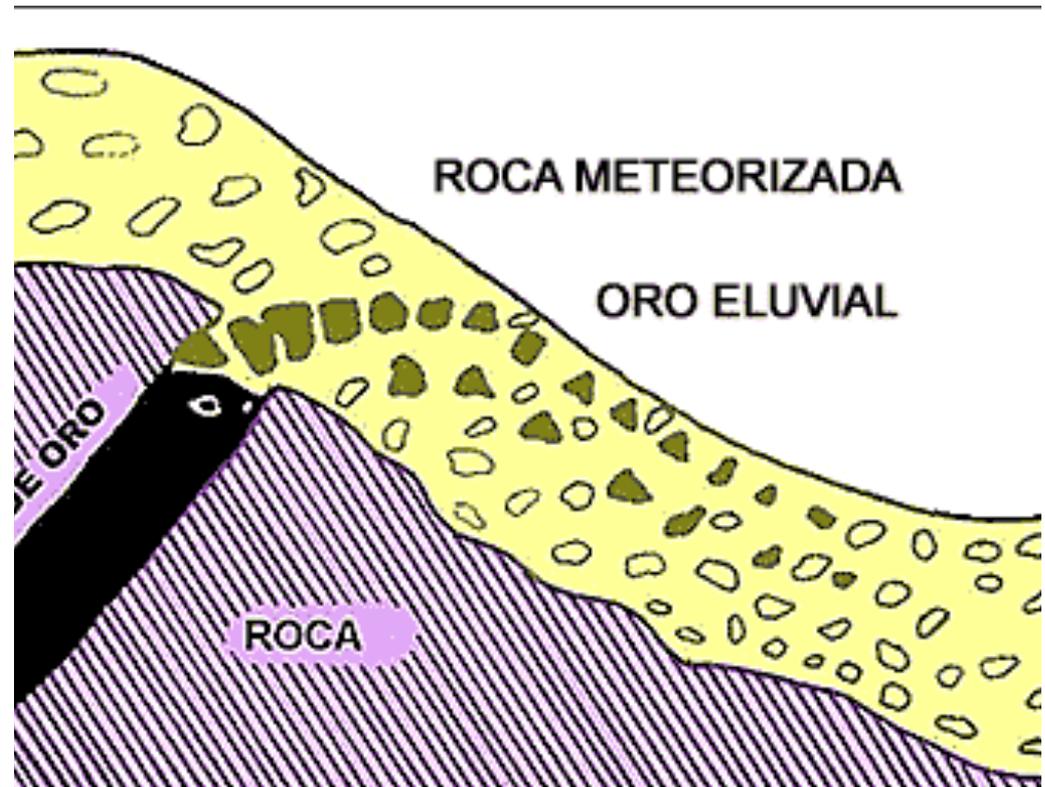
- Dentro de los yacimientos sedimentarios, los placeres son los depósitos formados más recientemente y, por ello, los menos consolidados.
- Su interés reside en el tipo de minerales que contienen (preciosos o muy duros) y su fácil extracción y tratamiento, así como su localización en los bordes de los ríos (placeres aluviales) con un fácil acceso.
- Existen diversos tipos de placeres, de acuerdo con el medio de formación, eluviales, aluviales, marinos, glaciares y eólicos.



Subdivisión de ambientes en la formación de placeres.

PLACER ELUVIAL

- **Placer eluvial.** Son aquellos depósitos formados por descomposición de la roca matriz in situ y, por consiguiente, generados por la acción mecánica y química de la meteorización. También son referidos como depósitos residuales.



PLACERES ALUVIALES Y GLACIARES

- Los depósitos detríticos sueltos, placeres, se generan por procesos de separación mecánica de minerales. Se arrancan los minerales de su lugar de origen por la erosión física (viento, agua, hielo, etc.), o por acción química (disolución de los minerales de la roca que están adheridos) y, más frecuentemente, por la acción conjunta de ambas.
- Los procesos formadores de placeres son:
 - **Procesos de arranque:** a) Acción de los cambios de temperatura (gelifracción). b) Ataques del viento (choques de partículas o disolución de los minerales inestables). c) Erosión por desgaste (abrasión).
 - **Procesos de transporte:** a) Viento: Partículas finas transportadas por saltación y suspensión. Placeres de oro fino. b) Agua: Partículas mayores, clasificación por gravedad a lo largo del río. Placeres de gran tamaño. c) Hielo: Placeres con cantos heterométricos, grandes cantos angulosos acompañados de arenas finas y limos, con minerales preciosos de diverso tamaño.
 - **Procesos de sedimentación:** a) Gravedad: La deposición por gravedad de las partículas es función del tamaño de las partículas, su densidad y energía del fluido. b) Cuencas de recepción: Mares, lagos y depresiones tectónicas. c) Saturación: Formación de evaporitas, clima.
 - **Procesos de diagénesis:** a) Deseccación. b) Compactación c) Presión y temperatura



Procedencia de los minerales que constituyen los depósitos de placer

- ***Filones de importancia comercial:*** Filones auríferos de Mother Lode, de California, etc.
- ***Filones no comerciales:*** Pequeñas venillas de cuarzo que contienen cantidades de oro o casiterita que, al ser arrastrados, triturados, y clasificados, pueden formar placeres comerciales.
- ***Minerales metálicos diseminados:*** Como los diminutos granos de platino de los Montes Urales que, diseminados en intrusiones básicas, no tienen interés comercial como minerales primarios.
- ***Minerales formadores de rocas:*** Como los granos de magnetita, ilmenita, monacita y circonio. Ej. las arenas ilmeníticas costeras de la India o de Mazagón (Huelva).
- ***Antiguos depósitos de placer:*** Tales como los bancos de grava fluviales o placeres enterrados; ej. los placeres de oro recientes de California.

PLACERES ALUVIALES

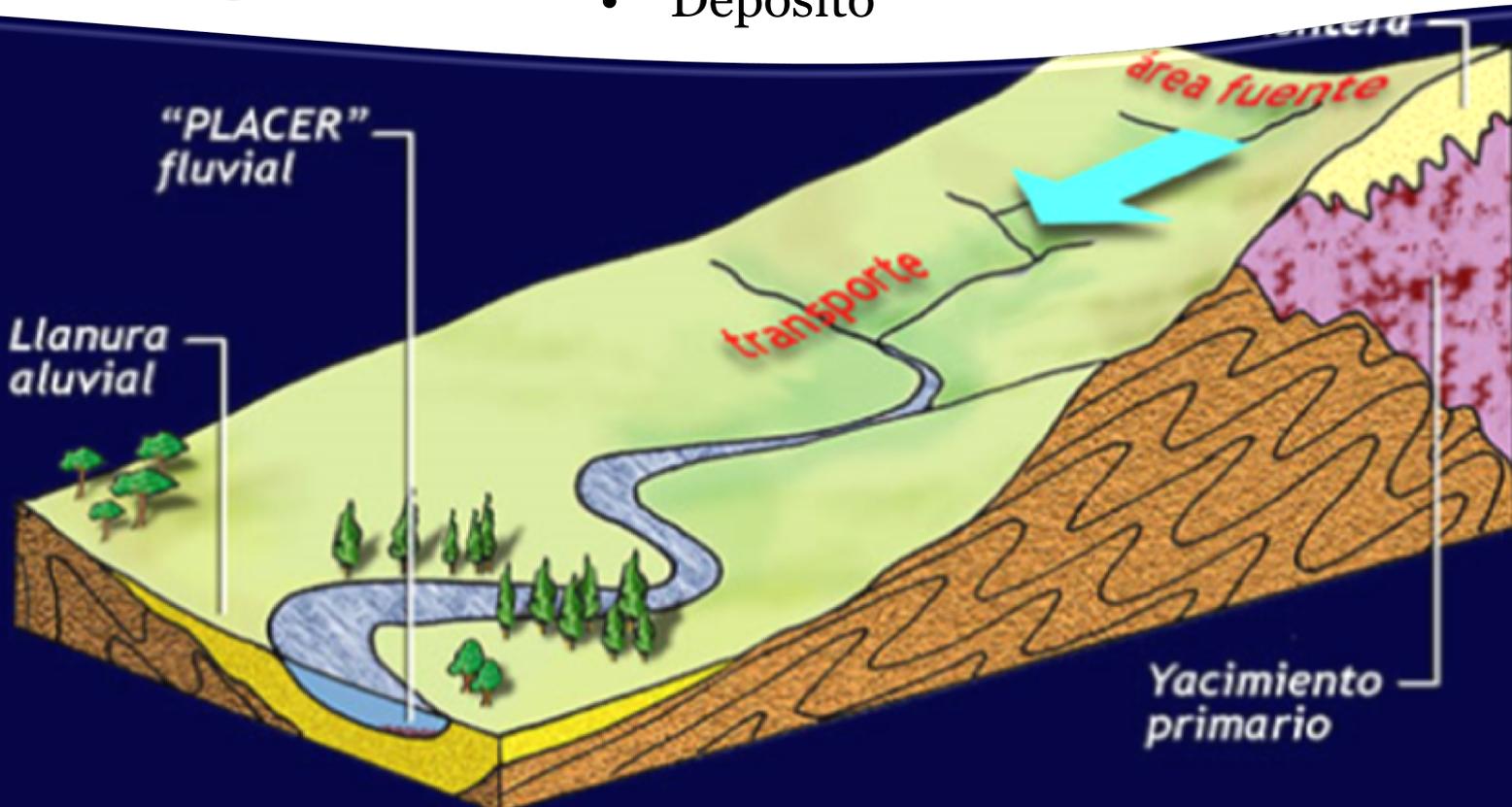
- Se considera al conjunto de partículas no consolidadas que contiene grava, arena, limo, y/o arcilla, depositado y/o que está depositándose principalmente a lo largo de los cursos fluviales.



PLACERES ALUVIALES

Modelo genético

- Área fuente
- Minerales diseminados de interés económico
- Meteorización
- Erosión
- Transporte
- Depósito



Factores que influyen en el modelo genético de los yac. de placer:

Transporte: agua, hielo, viento →:

Acción mecánica sobre los minerales transportados por: desgaste (por rozamiento), cuya intensidad depende tanto de la cantidad y tipo de carga que moviliza el agente de transporte (dureza del mineral) y trituración por efecto de las colisiones con otros clastos de la carga.

Acción química por oxidación, disolución etc.. que puede sufrir el mineral durante el tiempo de transporte.

Selección que depende de la energía del agente, su viscosidad y la densidad del mineral.

Densidad del medio y de las partículas: A igual densidad, la velocidad de deposición las partículas es función de su diámetro.

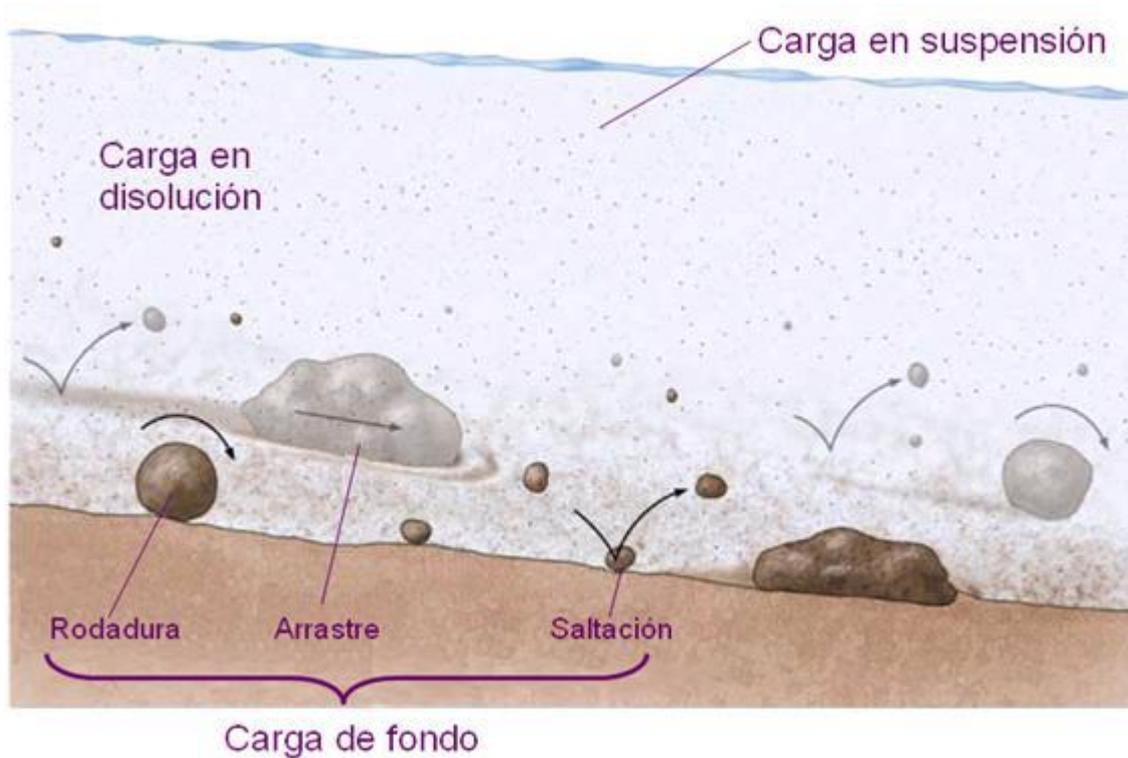
A igual tamaño la clasificación de las partículas es función de su densidad.

• **Forma** de las partículas

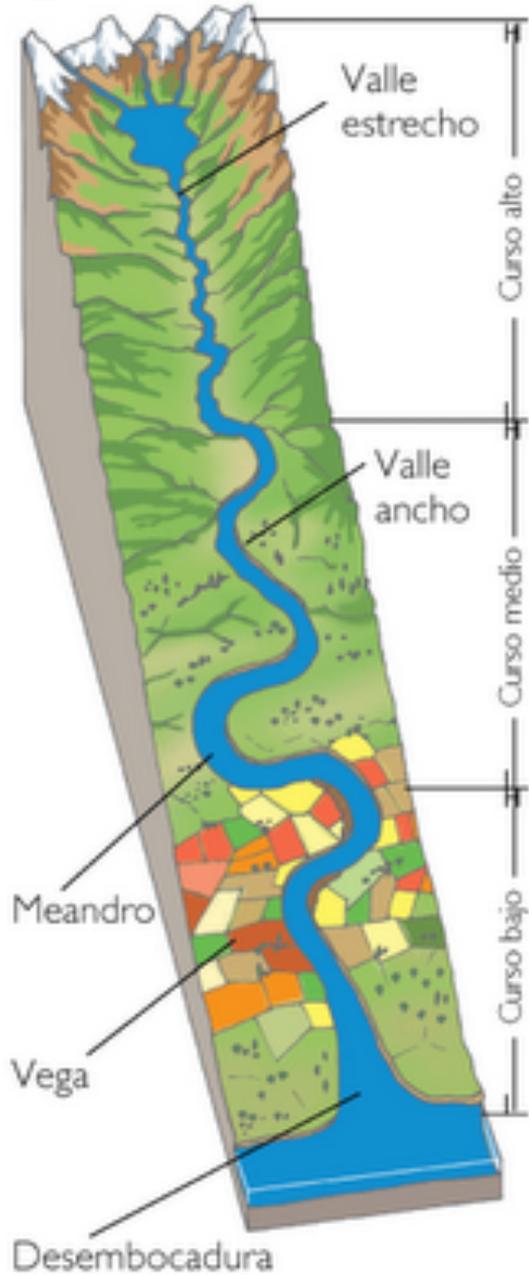
MINERALES DE LOS PLACERES

- Los pesos específicos de algunos minerales que forman placeres son:
 - Cuarzo.....2,6
 - Monacita..... 5,0
 - Feldespato.....2,6
 - Magnetita..... 5,0
 - Silicatos básicos, aprox.....3,0
 - Casiterita..... 6,5
 - Granate.....3,5
 - Oro aprox..... 17,0
 - Diamante..... 3,5
 - Platino aprox..... 17,0

¿Cómo transporta un río?



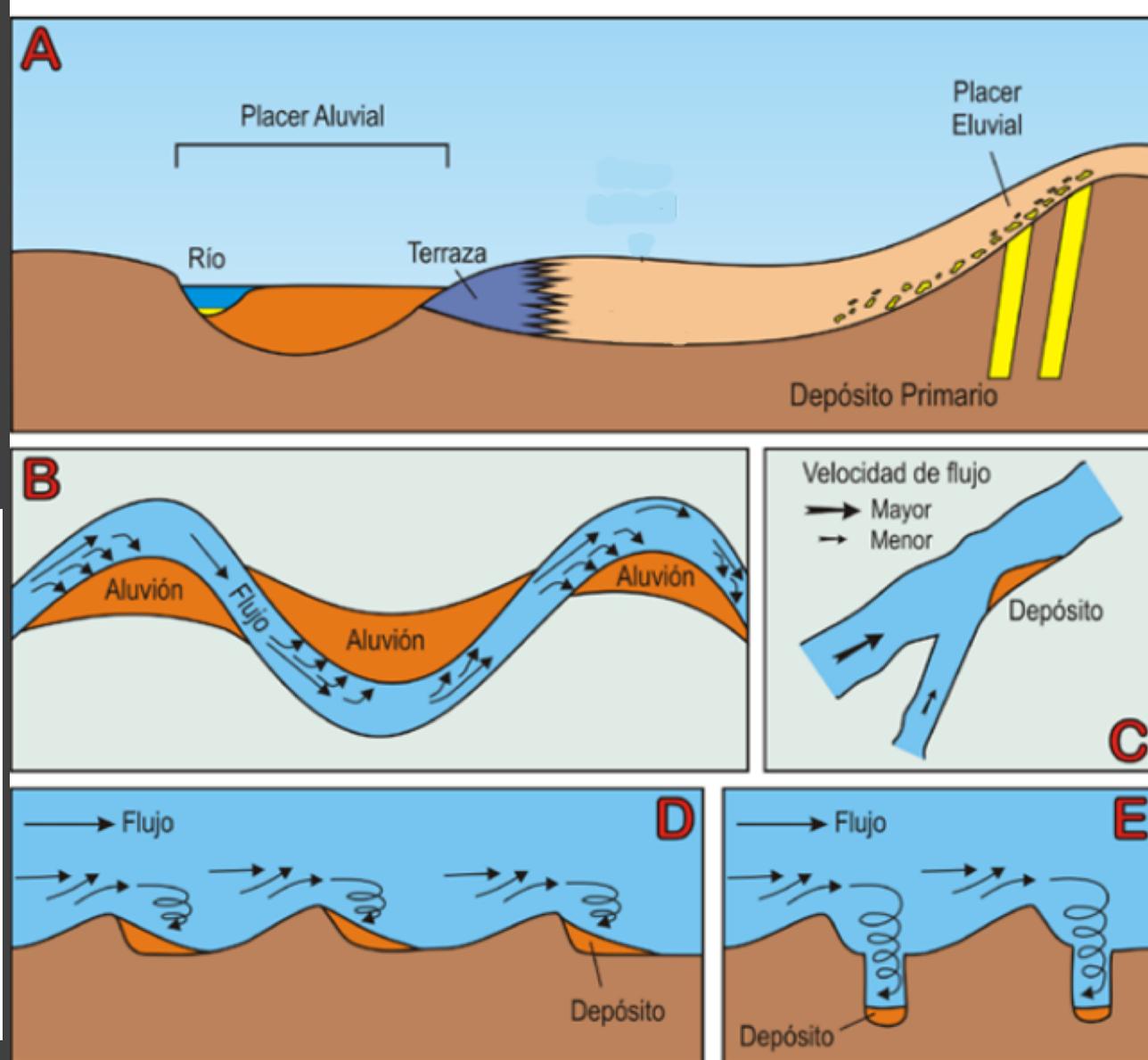
¿Cómo deposita un río?



Perfil Longitudinal de un río

¿Dónde se concentran los minerales?

Fig. 1. (A) Sección esquemática de un valle fluvial y las relaciones entre los depósitos de tipo eluvial, coluvial y aluvial. Formación de depósitos aluviales que actúan concentrando minerales pesados en: (B) las curvas de los ríos (meandros), (C) la confluencia de dos ríos con diferentes velocidades, (D) las zonas accidentadas del lecho del río y (E) las marmitas (potholes) que se forman en lechos rocosos. Modificado de Pereira et al. (2005).



Capacidad de migración

• La capacidad de migración de un mineral pesado, es función directa a su resistencia a la abrasión, a su estabilidad química e inversamente proporcional a la densidad del mineral.

Capacidad de migración de los minerales pesados:

Baja

Cinabrio

Baritina

Media

Magnetita

Casiterita

Oro

Alta

Topacio

Diamante

Platino





Resistencia a la alteración química

ESCASA	BAJA	ALTA	MUY ALTA
PIRROTINA	WOLFRAMITA	ALMANDINO	HEMATITES
BLENDA	SCHEELITA	MAGNETITA	LIMONITA
CALCOPIRITA	APATITO	ESFENA	TOPACIO
CINABRIO	GROSSULARIA	SILLIMANITA	TURMALINA
PIRITA	DIÓPSIDO	ILMENITA	RUTILO
OLIVINO	ZOISITA	MONACITA	ESPINELA
AUGITA	EPIDOTA	CASITERITA	PLATINO
BIOTITA	ESTAUROLITA	ANDALUCITA	ORO
HORNBLENDA		BARITINA	CIRCÓN
			CORINDÓN
			DIAMANTE



Características de los minerales que forman los Placeres

Los minerales presentes en lo
placeres se caracterizan por:

Ser **INSOLUBLES**

Ser **INALTERABLES**

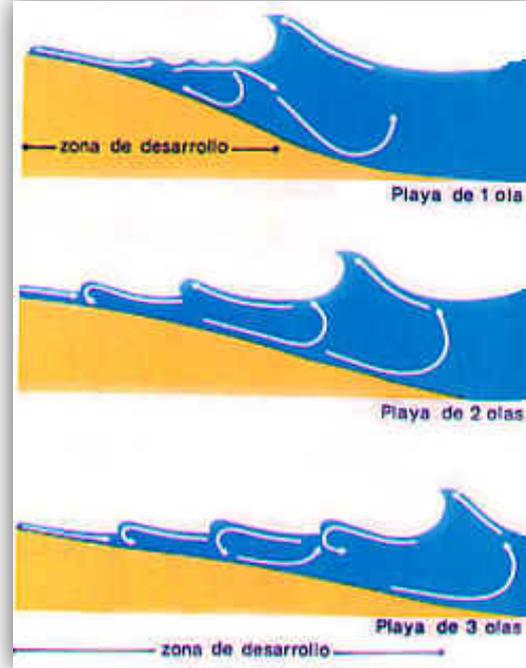
Presentar **UNA ELEVADA
DUREZA Y DENSIDAD**

MINERALES FORMADORES DE PLACERES

- Los minerales deben ser estables frente a la acción del agua del suelo:
 - **Silicatos** como granates, turmalinas, circones, berilos, topacios → inalterables
 - Los **óxidos** son minerales estables → magnetita, cromita, casiterita, ilmenita, rutilo.
 - **Minerales nativos**: diamante, oro y minerales del grupo del Pt.
 - La baja solubilidad de los **fosfatos** → estabilidad de apatitos, monacita, wolframita, scheelita.



PLACERES MARINOS O COSTEROS



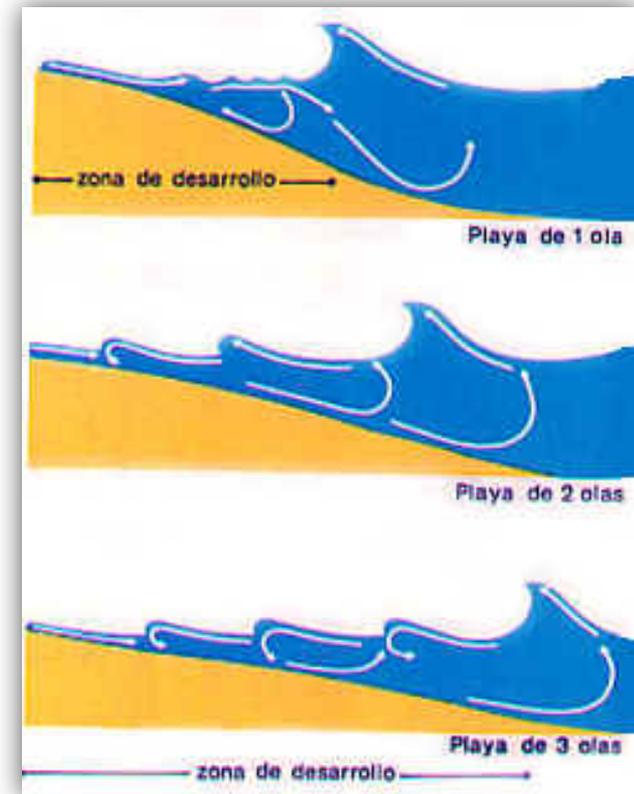
Son los depósitos situados en la línea de costa, formados por la concentración de minerales pesados a consecuencia del embate de las olas, que arrastran las partículas menos pesadas, concentrando de esta manera las partículas más pesadas que provienen de las terrazas marinas costeras y/o de los cauces fluviales.

MINERALES QUE SE CONCENTRAN EN LAS PLAYAS

Oro, Ilmenita, Magnetita, Rutilo,
Diamantes, Circón, Monacita, Granate.

La aportación de minerales de placer para su concentración en las playas puede efectuarse por los siguientes agentes:

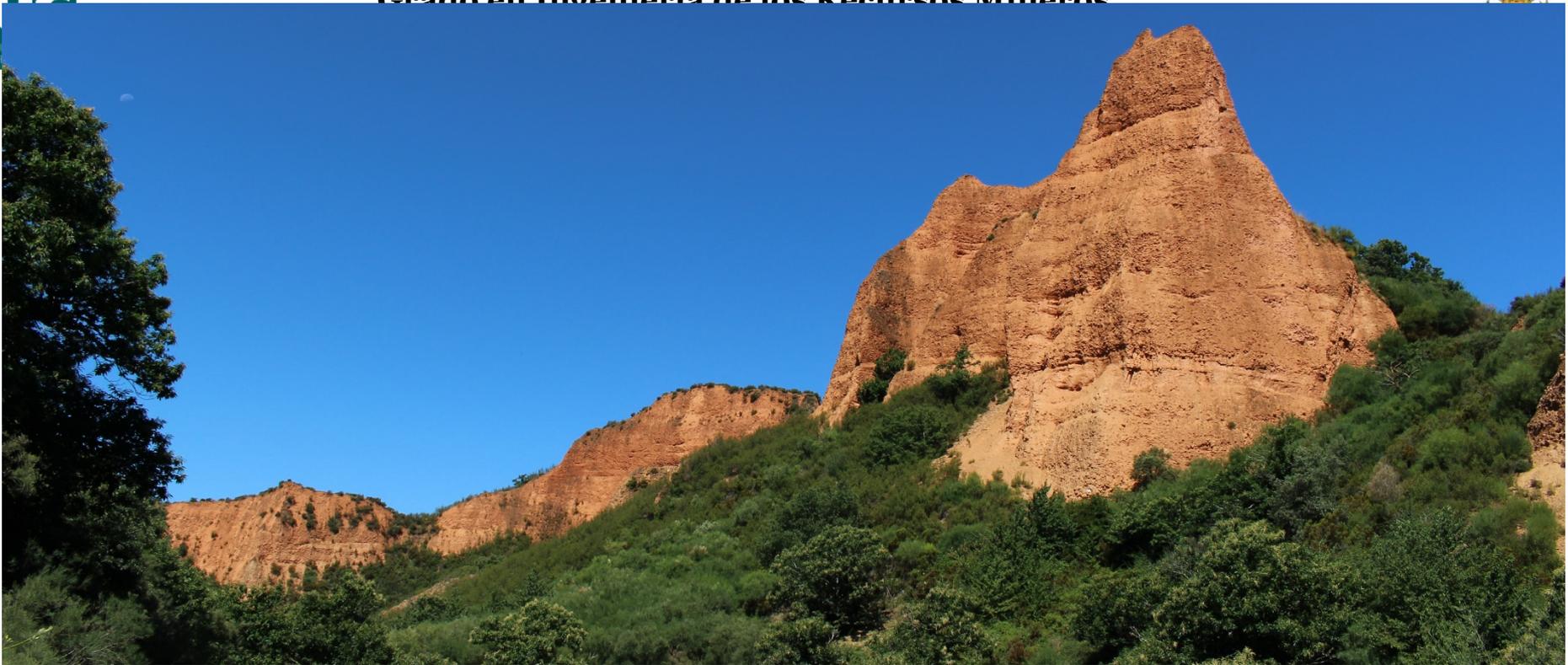
- Ríos que desembocan en la costa
- Erosión de las olas sobre las terrazas marinas
- Cruce de corrientes sobre antiguas terrazas fluviales próximas a la costa
- Erosión de la costa rocosa por las olas



PLACERES: ventajas económicas

- No exigen preparaciones costosas .
- Permiten explotaciones a cielo abierto.
- Labores de machaqueo, trituración y concentración innecesarios.
- El grado de mecanización de la explotación es flexible.





LAS MÉDULAS

Comarca de EL BIERZO - León

Este paisaje tan espectacular fue incluido por la UNESCO en la Lista de Patrimonio Mundial en 1997 por tratarse de un lugar especialmente representativo de la historia de la Humanidad.



El Bierzo



YACIMIENTOS MINERALES

Andrés Ibarro

LAS MÉDULAS

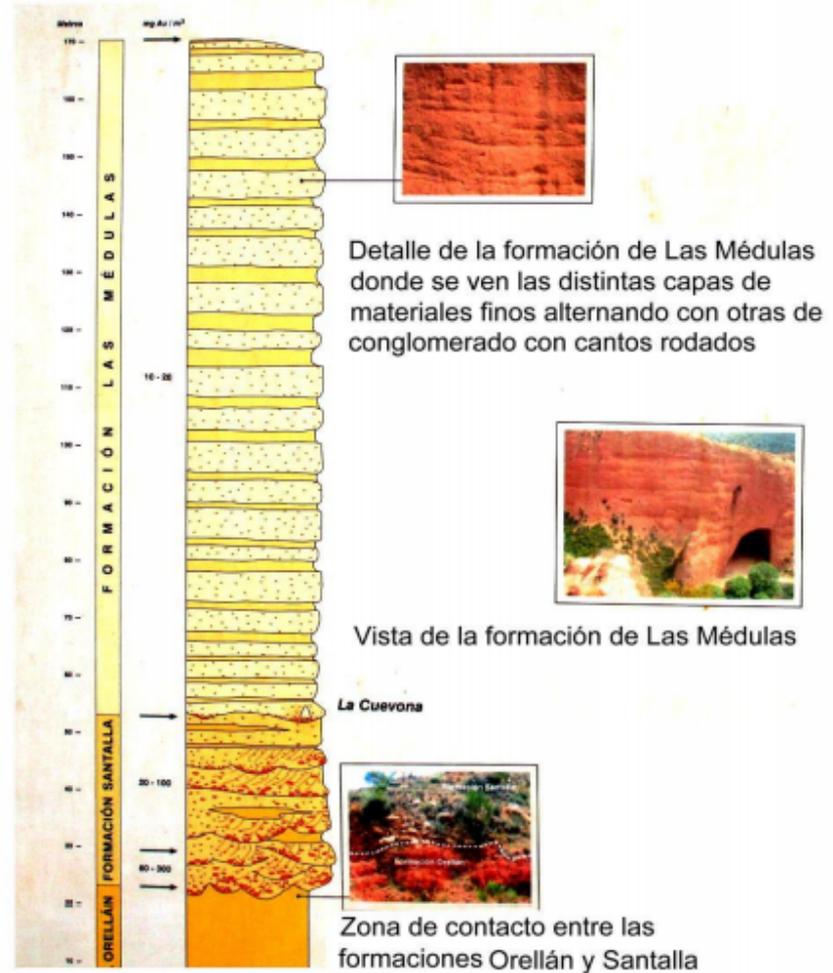


Un paisaje de color rojo, formado por arenas, cantos y arcillas sin consolidar sobre el que se desarrolla una vegetación de castaños.

Aluvión del Mioceno, formado por conglomerados con cantos, arena y arcilla.



**Senda de Las Valiñas
La Cuevona**



La Facies Santalla: facies que posee unos cantos rodados de mayor tamaño y donde el oro es más abundante

Tres facies en los procesos sedimentarios del Mioceno:

Orellán, Santalla y Las Médulas. Cada una de ellas corresponde a depósitos de aluviones de distinto tipo, variando los materiales, su tamaño y su disposición, por lo que también varía la proporción y distribución del oro en cada una de ellas. La facies Las Médulas es la más pobre, mientras que la ley más alta se encuentra en la zona de contacto de las facies Santalla con la facies Orellán. Estos niveles más ricos fueron explotados preferentemente

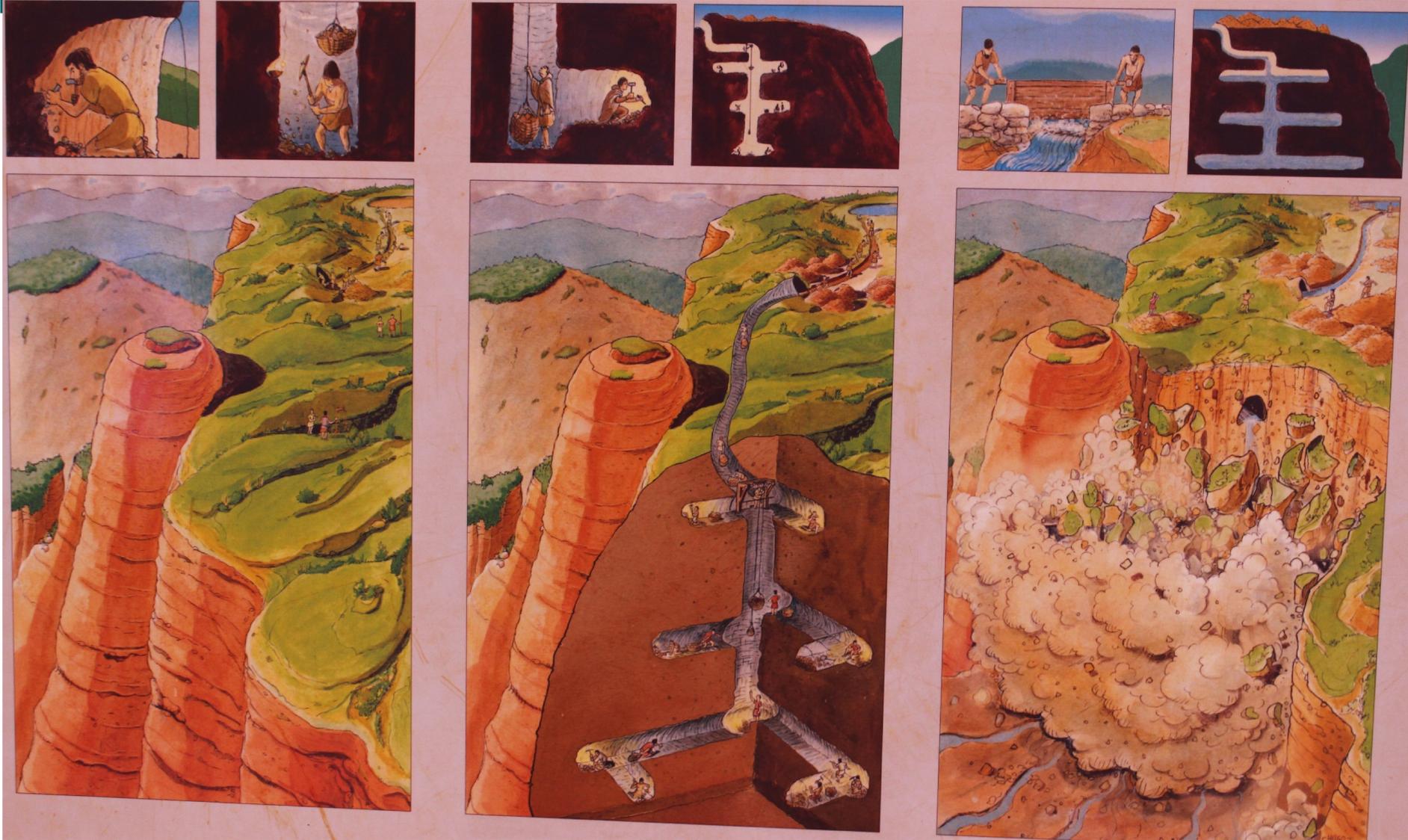




Se calcula un movimiento de tierras de, aproximadamente, 100 millones de m³ de tierra durante casi doscientos años que duró la actividad minera.

Ley media de unos **50 mg de oro por m³** de conglomerado: el oro total extraído de Las Médulas habría sido algo menos de 5.000 kg. La mayor parte del oro procedía de la facies Santalla, con una ley entre 20 y 100 mg por m³ y hasta un gramo en los niveles inferiores. Los más ricos se encontraban en la zona en contacto con la facies Orellán. La proporción de oro en la facies Las Médulas se sitúa entre los 10 y los 20 mg por m³.

Movimiento de tierras



La explotación de Las Médulas

Galerías con zonas anchas y zonas estrechas

Canales en roca:
325 km





YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS consolidados

- Depósitos sin consolidar que sufren diagénesis y ligero metamorfismo.
- Según su origen se pueden clasificar en :

- **PALEOPLACERES**

- **EVAPORITAS**

- **YACIMIENTOS DE ORIGEN ORGÁNICO**

- **YACIMIENTOS DE PRECIPITACIÓN QUÍMICA**



Paleoplaceres

- Se denominan así a placeres formados en diferentes tiempos geológicos, que han sufrido diagénesis, metamorfismo o se han visto afectadas por plegamientos etc....
- Así el oro y otros minerales aparecen asociados con conglomerados cuyas edades varía entre 1.900 y 2.600 millones de años, en Sudáfrica, Ghana, Brasil, Canadá, India, Gabón y Finlandia.
- La distribución de oro en los conglomerados es característica de depósitos tipo paleoplacer Witwatersrand (Sudáfrica), Tarkwaian (Ghana) y Blind River (Canadá).

En el caso de **Witwatersrand** el oro está asociado con sulfuros y además existen migraciones secundarias en vénulas que han sugerido a algunos autores la posibilidad de que se trate de un yacimiento epigenético,

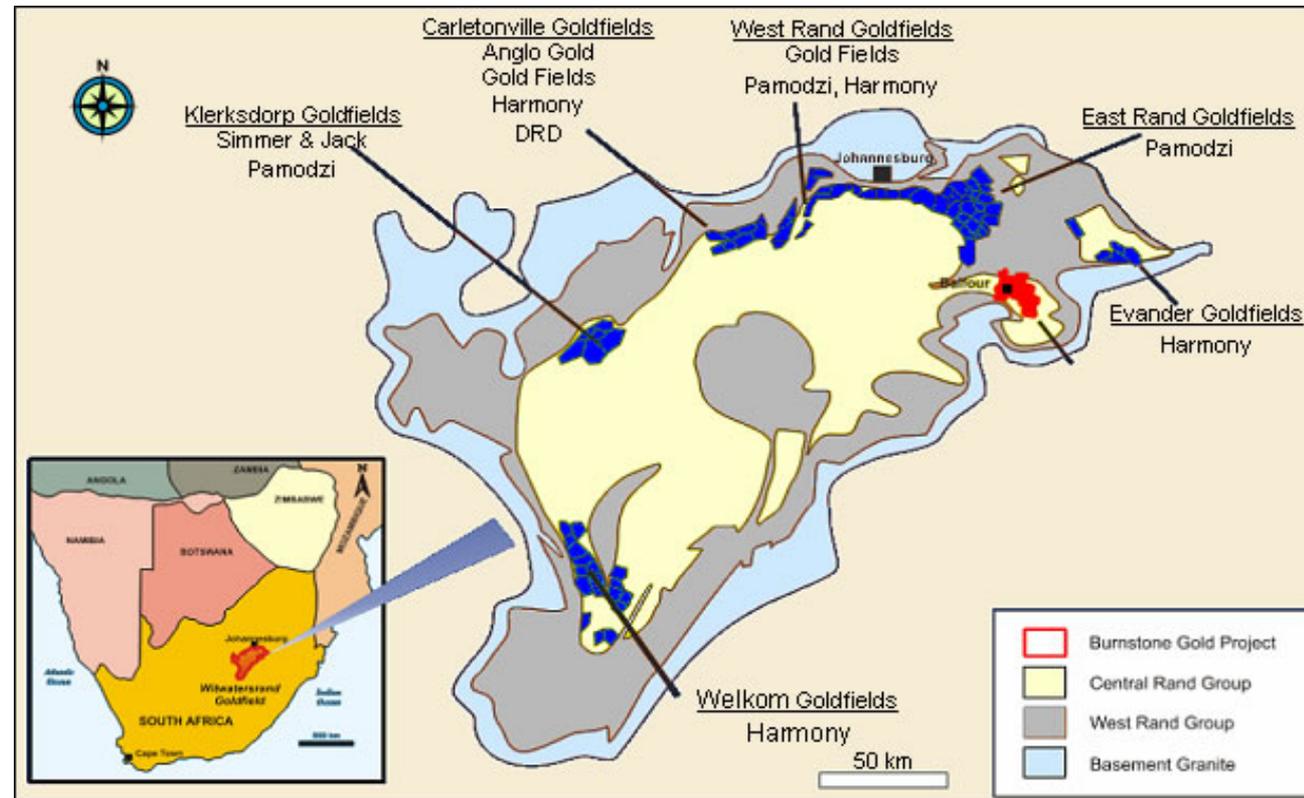
El 55% de la producción total de oro de todos los tiempos procede de estos yacimientos, con unas leyes de oro de 10 g/t de media en casi cien años de vida de las minas y con leyes de U_3O_8 de 280g de U_3O_8 /t. .

El oro se piensa que procede de la alteración de rocas ultramáficas, donde se encuentran asociados con pirita y arsenopirita (Barberton Mountainland), con tamaños entre 0,005-0,05 mm. La uraninita y los circones proceden de las rocas granitoideas del basamento pre-Witwatersrand.

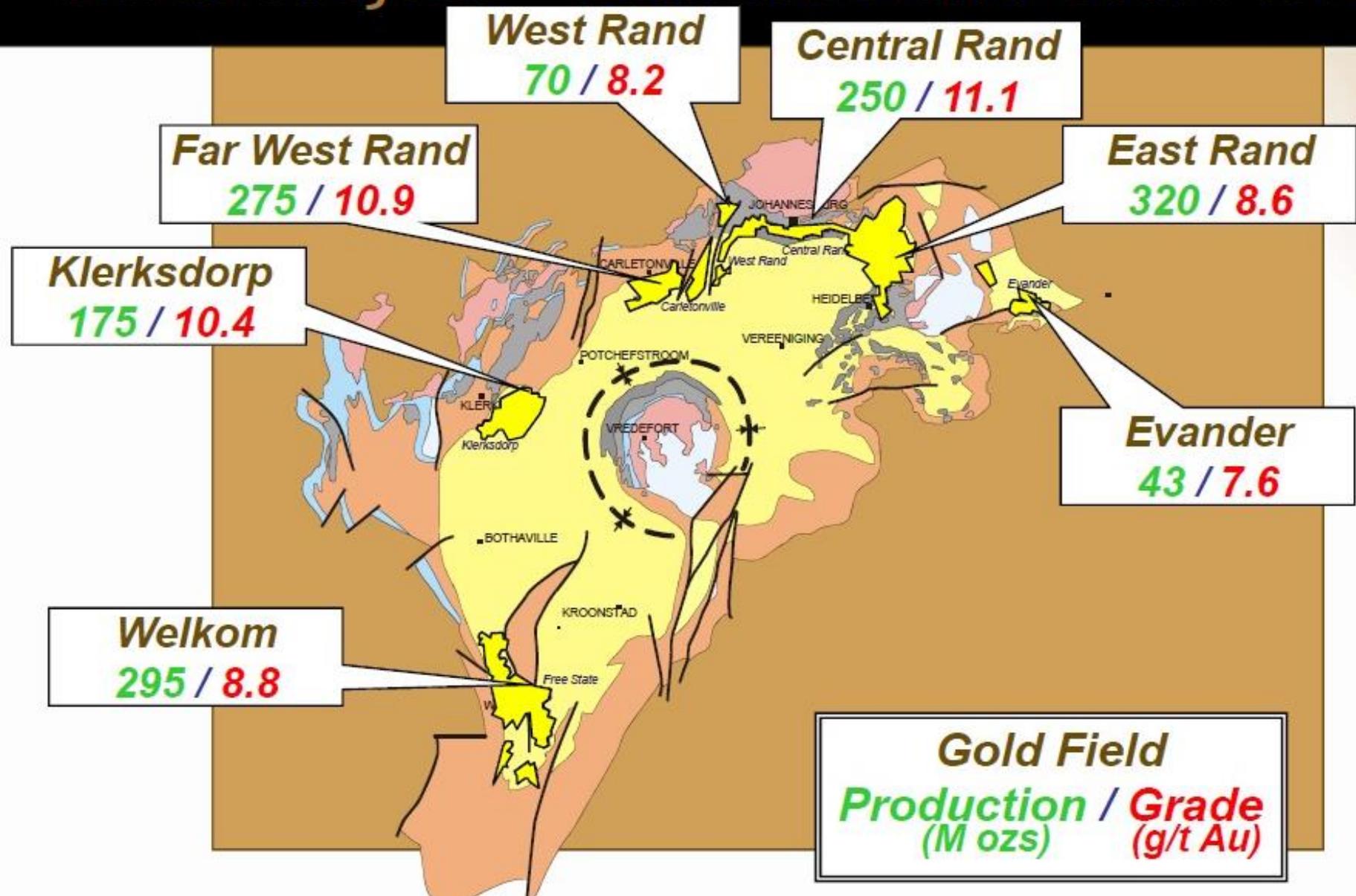


Yacimientos de Au-U de Witwatersrand (África del Sur)

- Conglomerados cuarcíticos (grandes abanicos fluviales).
- Paragénesis: Au, Uraninita, Pirita y carbón o materia orgánica.



Pardo Project - Witwatersrand Gold Fields





YACIMIENTOS de CONCENTRACIÓN QUÍMICA



YACIMIENTOS DE CONCENTRACIÓN QUÍMICA

Los procesos químicos de disolución y precipitación originan yacimientos sedimentarios entre los que se encuentran numerosos depósitos de metales base, cobre, zinc, plomo y otros como el uranio o los óxidos de hierro. La disolución de minerales de las rocas de la superficie terrestre y su transporte por arroyos, ríos y, en parte también, por las aguas freáticas, precipitan en el mar, en cuencas lacustres o en zonas de aguas freáticas continentales, formando yacimientos sedimentarios de origen químico.



YACIMIENTOS DE CONCENTRACIÓN QUÍMICA

La formación de yacimientos sedimentarios de origen químico implica:

- Una fuente adecuada de materiales.
- Determinadas condiciones químicas de transporte.
- Receptáculo sedimentario con las condiciones químicas precisas para la precipitación de los cationes disueltos.

Dentro de los yacimientos de origen químico, distinguimos los lacustres y los marinos, siendo estos últimos los más importantes. La génesis de los yacimientos de origen químico se relaciona con la capacidad de disolución de las aguas, controlada por la acidez o basicidad de las mismas. Las disoluciones más ácidas de la naturaleza son las formadas por disolución de gases volcánicos que pueden alcanzar valores de $\text{pH} < 0$, pero su acidez es neutralizada por la reacción con las rocas adyacentes. El contacto con las rocas formadas por carbonatos o silicatos las neutraliza.

SOLUCIONES MINERALIZANTES

- Si la disolución de los metales depende de la acidez o basicidad de las aguas, la deposición de los minerales depende del tipo de disolución:
 - **Soluciones bicarbonatadas:** Los bicarbonatos de Fe y Mn precipitan por pérdida del CO₂, oxidación e hidrólisis o reducción orgánica, formando glauconita o chamosita, a partir de la cual se transforma en óxidos de hierro.
 - **Soluciones sulfatadas:** Muchos minerales, Fe, Mn y Zn, se transforman en sulfatos y son transportados en solución acuosa hasta el mar o lagos interiores donde precipitan también por reacciones inorgánicas (carbonato cálcico), oxidación, hidrólisis o reacciones orgánicas con bacterias o plantas.
 - **Soluciones orgánicas:** Algunos minerales son atacados por los ácidos orgánicos de las plantas o forman compuestos por la acción bacteriana u otros elementos organógenos, entre ellos los procesos de oxidación-reducción de las plantas en su transformación en carbones o los procesos bacterianos de reducción de sulfuros, petróleo o carbonatos

PROCESOS FORMADORES: PROCESOS EXÓGENOS

- METEORIZACIÓN QUÍMICA: DISOLUCIÓN
- Proceso físico: disociación de las moléculas en iones gracias a un agente disolventes (el agua).
- PRECIPITACIÓN





AMBIENTES DE DEPÓSITO

La deposición de las soluciones químicas se realiza en diversos ambientes, dependiendo del receptáculo donde vayan a parar las aguas. Los minerales pueden depositarse:

En el mar: El fin último de las aguas continentales es el mar y en él se depositan la mayor parte de los sedimentos que se originan en la corteza terrestre. Allí van a parar las soluciones iónicas, los minerales estables y las exhalaciones submarinas. De la temperatura de las aguas, su profundidad, condiciones de pH y Eh, etc. depende la precipitación de los iones metálicos y su concentración.

Pantanos y lagos: En los pantanos y lagos los depósitos son de menor tamaño, y las condiciones de oxidación-reducción, con aguas dulces o salobres, muy distintas a las marinas, por lo que su precipitación y redisoluciones sucesivas complica mucho el depósito.

Marismas: Las regiones de aguas salobres y marismas, si están en condiciones de aridez y poca profundidad, son los lugares ideales para la deposición de las soluciones salinas.



YACIMIENTOS DE CONCENTRACIÓN QUÍMICA

Como en el caso de los yacimientos sedimentarios detríticos, las fuentes principales de los yacimientos sedimentarios de origen químico son:

- Yacimientos primarios de origen endógeno.
- Minerales diseminados que no forman yacimientos pero que, al ser disueltos y concentrados en un punto determinado llegan a formarlos.
- Otros yacimientos sedimentarios anteriores.

Frecuentemente los yacimientos de origen químico tienen una estructura oolítica. Se da el nombre de oolitos a pequeñas formaciones minerales, redondeadas, en capas concéntricas, que se originaron en aguas en movimiento alrededor de un germen (puede ser un grano de cuarzo, una partícula orgánica, etc.). Los diámetros alcanzan pocos milímetros, con frecuencia solo fracciones de ellos.



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE HIERRO

El contenido medio de Fe en la corteza terrestre es del 5,05%, procedente de los minerales ferríferos de las rocas ígneas (piroxenos, hornblenda y micas) y de los minerales ferríferos de las rocas sedimentarias y metamórficas.

Los constituyentes de los depósitos de carbonato sedimentario (calizas, dolomías y magnesitas), derivan de las aguas marinas o lacustres, las cuales se enriquecieron en carbonatos con la meteorización de las rocas.

Los yacimientos sedimentarios de hierro son el recurso más importante de este metal y constituyen las mayores reservas del mismo.

Yacimientos de Fe

Formaciones ferríferas bandeadas (BIF= banded iron formation) de edad precámbrica.

Las menas oolíticas de edad Paleozoica y Mesozoica.

Los yacimientos en rocas carbonatadas de edad Paleozoica y Mesozoica.

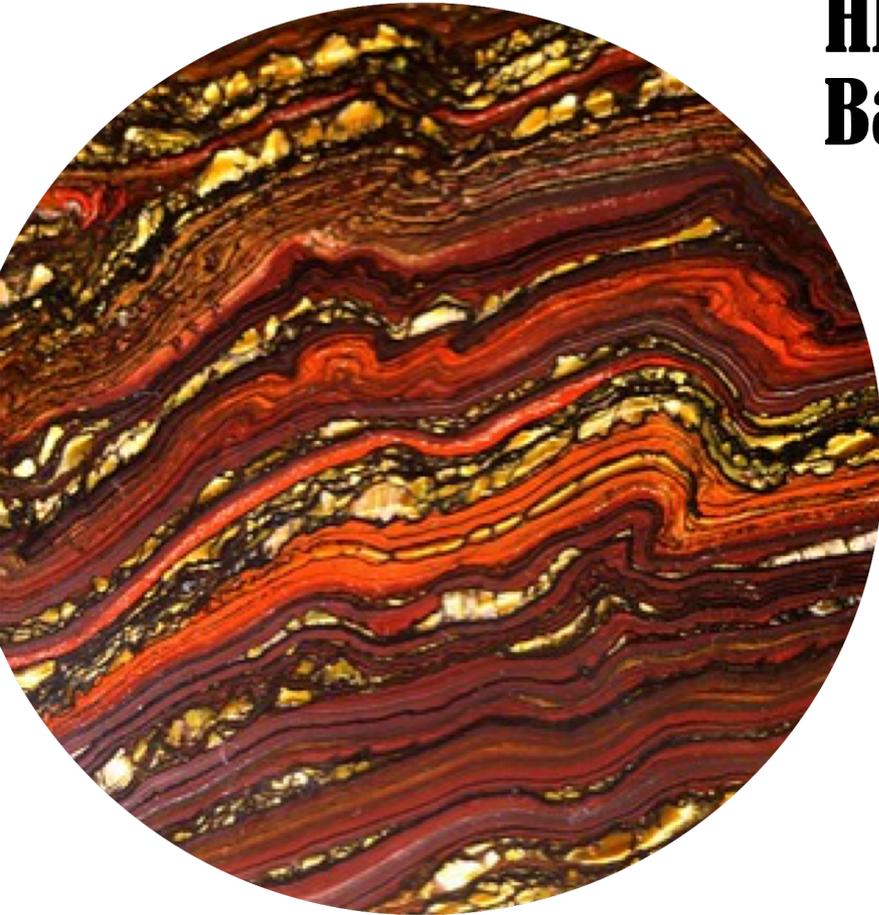
EL HIERRO ES PRECIPITADO COMO:

- CARBONATO FERROSO
- ÓXIDO FÉRRICO HIDRATADO
- ÓXIDO FÉRRICO
- SALES FÉRRICAS BÁSICAS MENORES



FORMACIONES BANDEADAS DE HIERRO SEDIMENTARIO

Banded Iron Formation (BIF)



El término “**formación ferrífera**” (“Iron-formation”) fue introducido por G.A. Gross (1964) para designar de una manera general a toda unidad estratigráfica de rocas sedimentarias, bandeadas o laminadas con el 15% de Fe o más en las que los minerales de hierro se interstratifican con cuarzo, chert o carbonato.

FORMACIONES BANDEADAS DE HIERRO SEDIMENTARIO

- ❖ Incalculables reservas
- ❖ Más del 90% de la producción de minerales o concentrados de hierro proceden de las mismas.
- ❖ Grandes concentraciones de hierro de origen desconocido. Los recursos mundiales se estiman en 230.000 Mt de hierro contenido en más de 800.000Mt de mineral.
- ❖ Rocas sedimentarias
- ❖ Edad Precámbrica (3700 – 1700 m.a.)
- ❖ Óxidos, silicatos y carbonatos de hierro, con intercalaciones de cherts ó jaspes, mínimo 15% Fe.

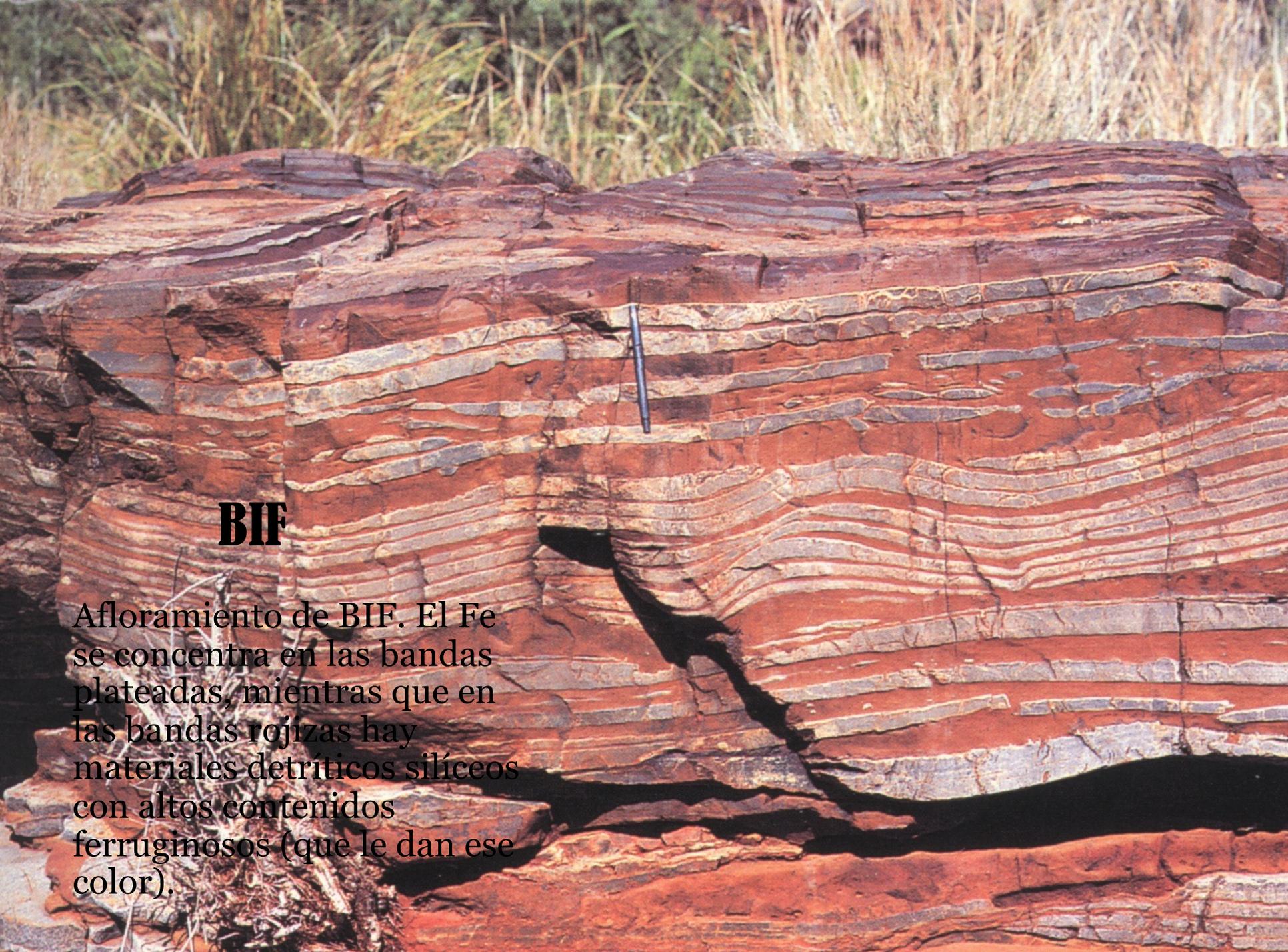


Roca de
2.100
millones de
años de
antigüedad
perteneciente
a una
formación
bandeada de
Fe.

FORMACIONES BANDEADAS DE HIERRO SEDIMENTARIO

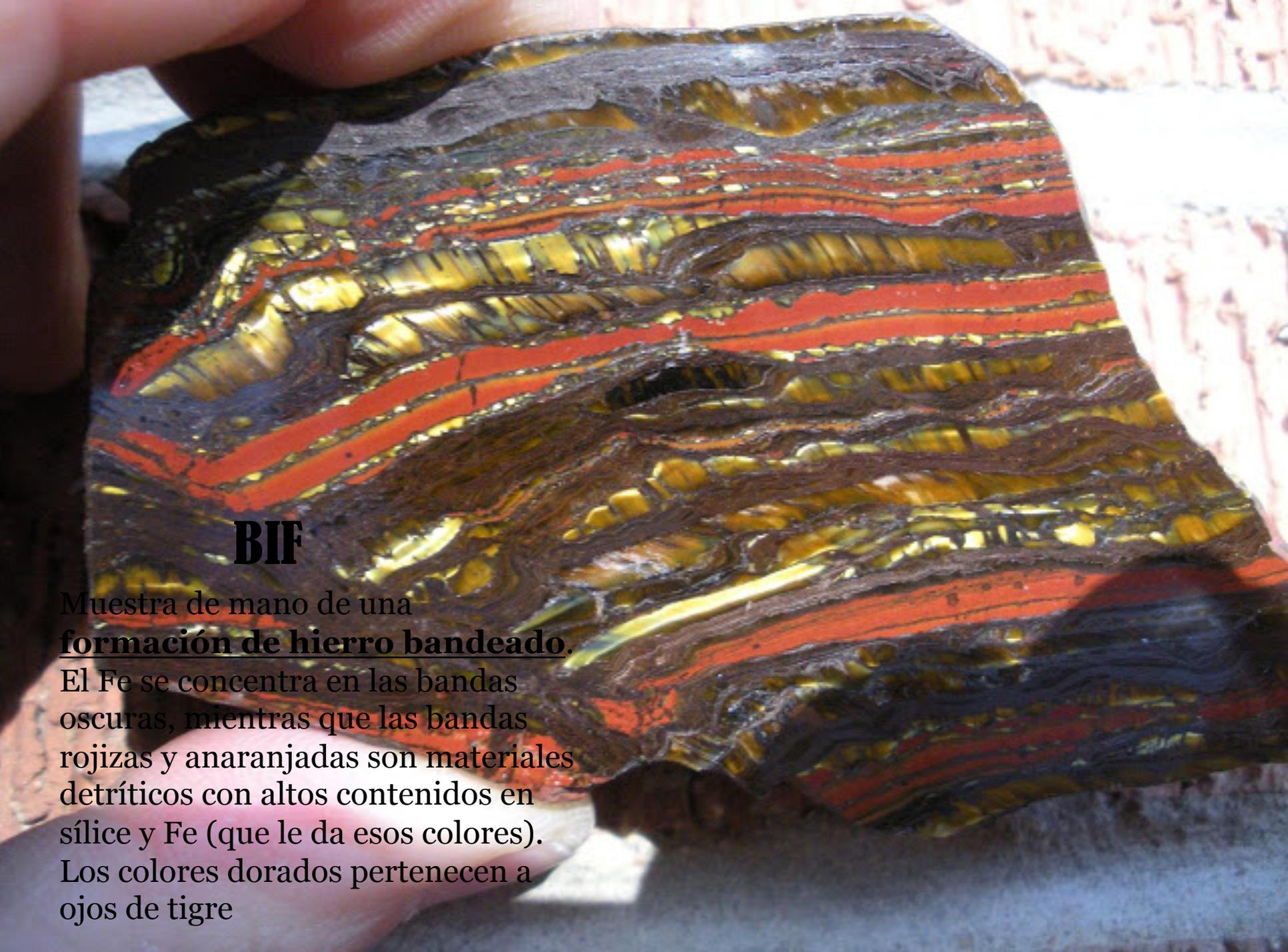
BIF: Cuatro facies:

- ❖ **Facies oxidada:** facies predominante en la mayoría de los yacimientos, formada por hematites y magnetita, con chert, calcita, dolomita y ankerita.
- ❖ **Facies carbonatada:** siderita interestratificada con chert.
- ❖ **Facies silicatada:** silicatos de hierro junto a magnetita, siderita y chert.
- ❖ **Facies de sulfuros:** arcillas carbonosas piríticas. Pirita y pirrotina con algo de siderita.



BIF

Afloramiento de BIF. El Fe se concentra en las bandas plateadas, mientras que en las bandas rojizas hay materiales detríticos silíceos con altos contenidos ferruginosos (que le dan ese color).



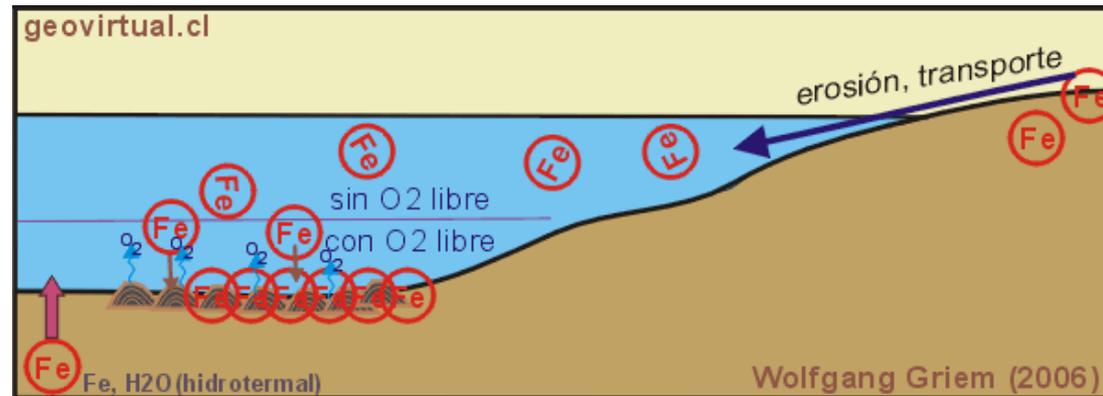
BIF

Muestra de mano de una **formación de hierro bandeado.**

El Fe se concentra en las bandas oscuras, mientras que las bandas rojizas y anaranjadas son materiales detríticos con altos contenidos en sílice y Fe (que le da esos colores). Los colores dorados pertenecen a ojos de tigre

HIPÓTESIS DE FORMACIÓN

- El origen de las formaciones de hierro bandeado:
- Son resultado de los ambientes de la antigua superficie terrestre, y requieren de unas condiciones redox y unas vías de transporte del hierro muy diferentes a las que hay en la actualidad (**Trendall, 2002; Klein, 2005**).
- Para su formación se requiere la presencia de Fe^{2+} (hierro en estado reducido) disuelto en el agua, por lo que es muy importante conocer las fuentes del mismo (**Klein & Beukes, 1992**).



ESTROMATOLITOS



Estromatolitos actuales en la Bahía Shark, Australia.



Los estromatolitos son estructuras minerales formadas en aguas someras por la actividad de comunidades de bacterias, que fijan partículas carbonatadas en forma de capas sucesivas, de tal modo que las bacterias vivas se sitúan en la capa superficial y los minerales se van acumulando en sedimentos en las capas inferiores. Con el tiempo, pueden formar grandes estructuras en forma de columnas laminadas, que fosilizan con relativa facilidad.

PRINCIPALES YACIMIENTOS DE BIF

- **ITABIRITAS:** formaciones brasileñas de Fe. Delgadas capas. Yac. de hematites 66% de ley en Fe= Itabiria. Magnetita con megacrystales de Q.
- Cherts o Jaspes
- **TACONITAS:** capas ferruginosas bandeadas de hematites y magnetita. Lago Superior en Minesota (USA). 25%
- Concentración por medio magnéticos → 50%
- 2500-1700 m.a.

BRASIL ha sido el mayor productor de minerales de hierro desde 1985



RESERVAS DE ITABIRITAS

Las minas de hierro se encuentran en el distrito de Carajás y en el Cuadrilátero ferrífero

- CUADRILÁTERO FERRÍFERO DE MINAS GERAIS :80 yac.

- El principal distrito de Fe es el de Itabira, en el estado de Minas Gerais.



Pelets de hierro

El aprovechamiento industrial de las Taconitas se debe a su concentración por métodos magnéticos

YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE HIERRO DE ESPAÑA

España ha sido tradicionalmente un país productor de minerales de hierro, llegando a figurar a finales del siglo pasado y primer cuarto del siglo actual, entre los primeros productores del mundo, exportando gran cantidad de minerales de hierro, especialmente al Reino Unido.



- Zona del Noroeste:** Los yacimientos españoles de hierro sedimentario marino se encuentran principalmente en la zona N.O. de la Península, distribuyéndose según un amplio arco que va desde Astorga (León), al sur, pasando por Ponferrada, Incio, Villalba, hasta Vivero en la costa norte de Galicia. Aparecen interestratificados con pizarras Ordovícicas.
- Zona Bética:** Yacimientos de hierro de Alquife y Las Piletas (Marquesado del Zenete, Granada), estratigráficamente se sitúan en el Trias y están constituidos principalmente por óxidos (hematites especular, magnetita) y en menor proporción, por siderita, asociadas a micaesquistos y, sobre todo a mármoles.

YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE HIERRO DE ESPAÑA

- Hierros de Bilbao:** El “criadero” de Bilbao constituye un importante distrito minero situado en la margen izquierda del río Nervión. Fue la principal fuente de minerales de la industria siderúrgica vizcaína con gran exportación al Reino Unido a principios del siglo XX. Las mineralizaciones del centro de la provincia encajan en calizas masivas del techo del Gargasiense Inferior-Medio, con siderita de origen diagenético, o sedimentario de 150-200°C de temperatura, mientras que las mineralizaciones situadas más al noroeste (Covarón, Dícido y Setares) se encuentran en calcarenitas con crinoides del Albiense Inferior.
- Teruel:** Comprende los yacimientos de Ojos Negros (Teruel) y Setiles (Guadalajara). Son formaciones de óxidos de hierro (hematites y goethita) en relación con dolomías en cavidades de tipo cárstico o fracturas, no existiendo unidad de criterio respecto a su formación.



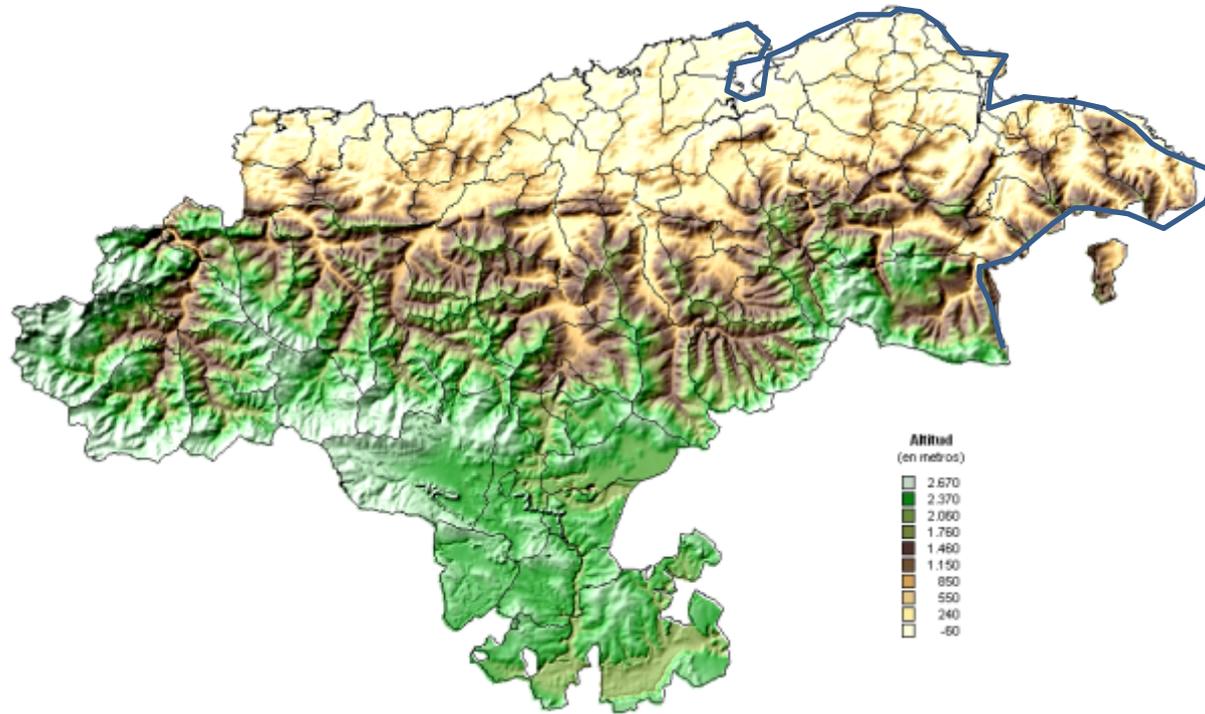
Ojos Negros - Teruel



Setiles - Guadalajara



HIERRO EN CANTABRIA



- Hierros primarios estratoligados en calizas: siderita
- Hierros residuales: oxidación de los carbonatos y sulfuros



ZONA DE CASTRO URDIALES: Dícido y Hoyos de Covarón. Carbonatos en calcarenitas del Albiense

DÍCIDO: CARGADERO

An aerial photograph of the Dícido Iron Ore Company Limited facility. The image shows a rugged, green cliffside overlooking the sea. A large, rusted metal structure, likely a conveyor or loading system, extends from the cliff down into the water. A small building with a dark roof is visible on the cliffside. The sea is dark green, and the sky is not visible.

The Dícido Iron Ore Company Limited se constituyó en el año 1883. Su junta directiva la integraron capitalistas ingleses hasta que en 1921 fue comprada por Altos Hornos de Vizcaya. En 1968, Altos Hornos de Vizcaya fusionó todas sus empresas mineras bajo la razón AGRUMINSA, que explotó los yacimientos de Dícido hasta su definitiva clausura en el año 1986.

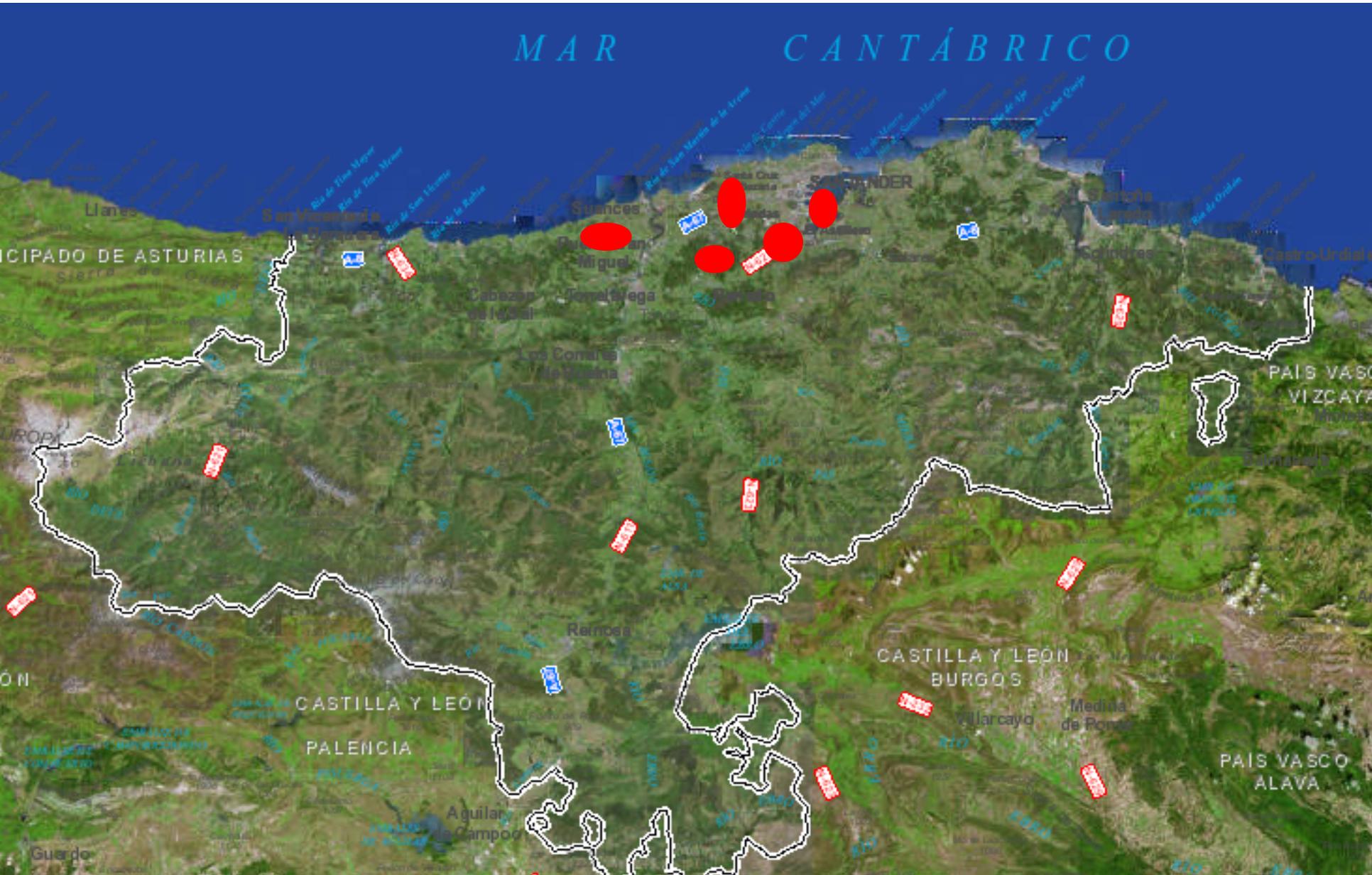
DÍCIDO 1965

La explotación se realizó a cielo abierto en las minas demarcadas, siendo “Anita” la mas importante de todas; así fue hasta 1950 cuando el sistema de explotación ya era fundamentalmente subterráneo





Todas las explotaciones del coto están abandonadas y las instalaciones extractivas desmanteladas. De las minas mas antiguas, algunas se utilizaron como escombreras y otras conforman hondonadas de grandes dimensiones; la corta de El Pocillo, la más importante por su tamaño tiene una profundidad aproximada de 200 m. y está parcialmente revegetada de forma natural.



ZONA CENTRAL: hierro residuales de Mazcuerras, Cartes, Reocín, Sta Cruz de Bezana, Camargo, Astillero, Villaescusa, Penagos, Liérganes y Medio Cudeyo, entre calizas, dolomías, margas y areniscas.

Cabárceno - Bosque residual de calizas columnares





YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE MANGANESO



YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE MANGANESO

El Mn y el Fe tiene el mismo origen, son disueltos en las mismas condiciones químicas por soluciones iguales o parecidas, pueden ser transportados junto y se depositan en forma de óxidos y carbonatos. Forman compuestos similares: carbonatos, óxidos y silicatos.

El Mn pasa a disolución a partir de los min de las rocas volcánicas en forma de Mn^{2+}

Los depósitos de manganeso sedimentario son relativamente escasos, pero muy importantes en comparación con el manganeso producido por otros procesos, y son, en cuanto a tamaño y bajo el punto de vista económico, mucho menos importantes que los yacimientos de Fe.

El Mn se deposita en gran parte en forma de óxidos (pirolusita, hausmanita, manganita) dependiendo de las condiciones de Eh y pH del medio, y puede depositarse también en ausencia de aire y en presencia de CO_2 . Los óxidos superiores de Mn pueden precipitar en forma coloidal y ser transportados como geles a largas distancias.



CLASIFICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS DE MANGANESO

Roy (1976) divide los depósitos estratiformes de manganeso en dos grandes grupos, de origen no volcánico y los volcano-sedimentarios, de acuerdo con la fuente y su contenido en manganeso.

- **Volcanogénicos:** a) Depósitos asociados con conglomerados, tobas y otros materiales clásticos sueltos, subaéreos o submarinos. b) Depósitos asociados con formaciones de hierro bandeado de origen exhalativo submarino.
- **No volcanogénicos:** a) Hierro de pantanos, con secuencias lacustres o fluviales. b) Sedimentos continentales terrígenos en secuencias geosinclinales de plataforma.
- **Híbridos:** a) Nódulos de manganeso. b) Sedimentos del fondo del mar, formados por fuentes termales lejanas.



NÓDULOS DE MANGANESO



Nódulos de Mn

Los nódulos de Mn son concreciones de Mn y Fe localizados en los fondos oceánicos y constituyen la mayor reserva conocida de ciertos metales. Asociados a la arcilla abisal a más de 5.000 m. de profundidad, están constituidos por óxidos e hidróxidos de manganeso; en los nódulos ricos en hierro, éste está formando hidróxidos amorfos o algunas veces en forma de goethita. Se constatan importantes variaciones en la composición química de los nódulos de una parte a otra del océano, y entre diferentes océanos. Así el contenido de Mn puede variar del 8-41% y el del Fe del 2-26%.



Enormes áreas del Océano Pacífico se encuentran cubiertas por una capa de nódulos de manganeso

Sección pulida de un nódulo de manganeso

- Estructura concéntrica
- Núcleo
- Crecimiento:
Décimas de mm
cada 1000 años





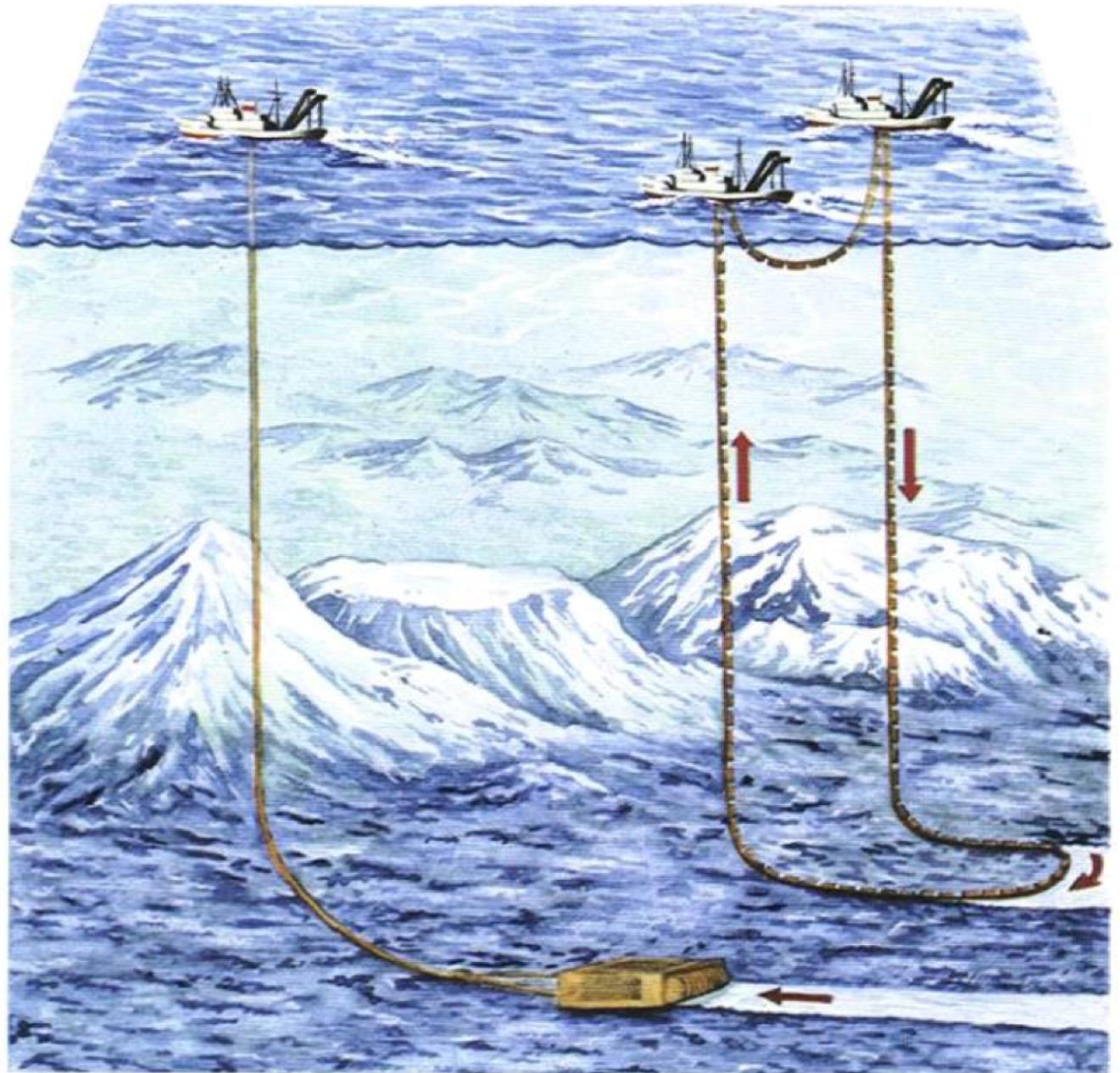
Estos nódulos fueron descubiertos en el mar de Kara (Rusia) en 1868.
Entre 1873 y 1876, la expedición Challenge los descubrió al sur de la isla de
El Hierro (Canarias)



La composición de los nódulos de Mn es:

Rango %	Elemento	Promedio %	Elemento
8-40	Mn	20	Mn
2,5-26,5	Fe	16	Fe
0,02-2,5	Co	0,33	Co
0,2-2,0	Ni	0,6	Ni
0,03-1,6	Cu	0,35	Cu
0,02-0,35	Pb		
0,03-0,04	Zn		
0,003	Ag		

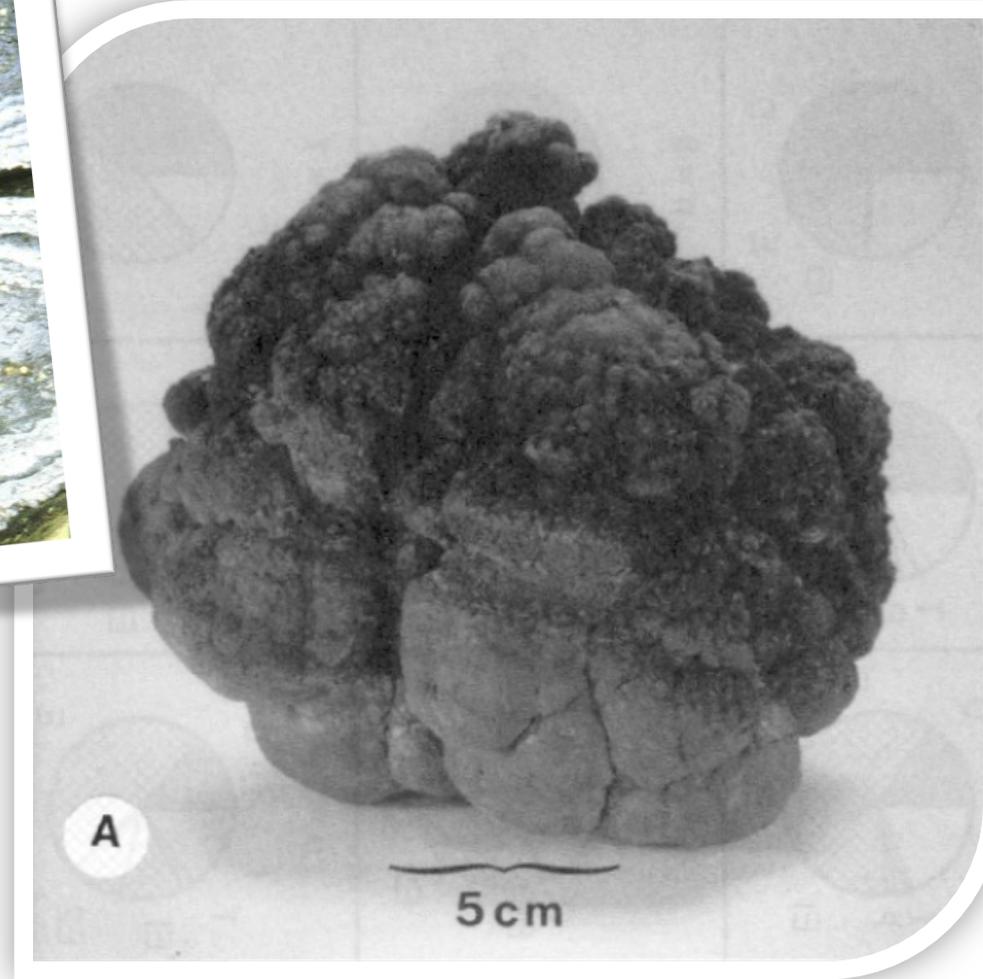
Proyecto de explotación de los fondos marinos a 3.500 m. de profundidad



Dimensiones de los nódulos



Secciones pulidas de nódulos



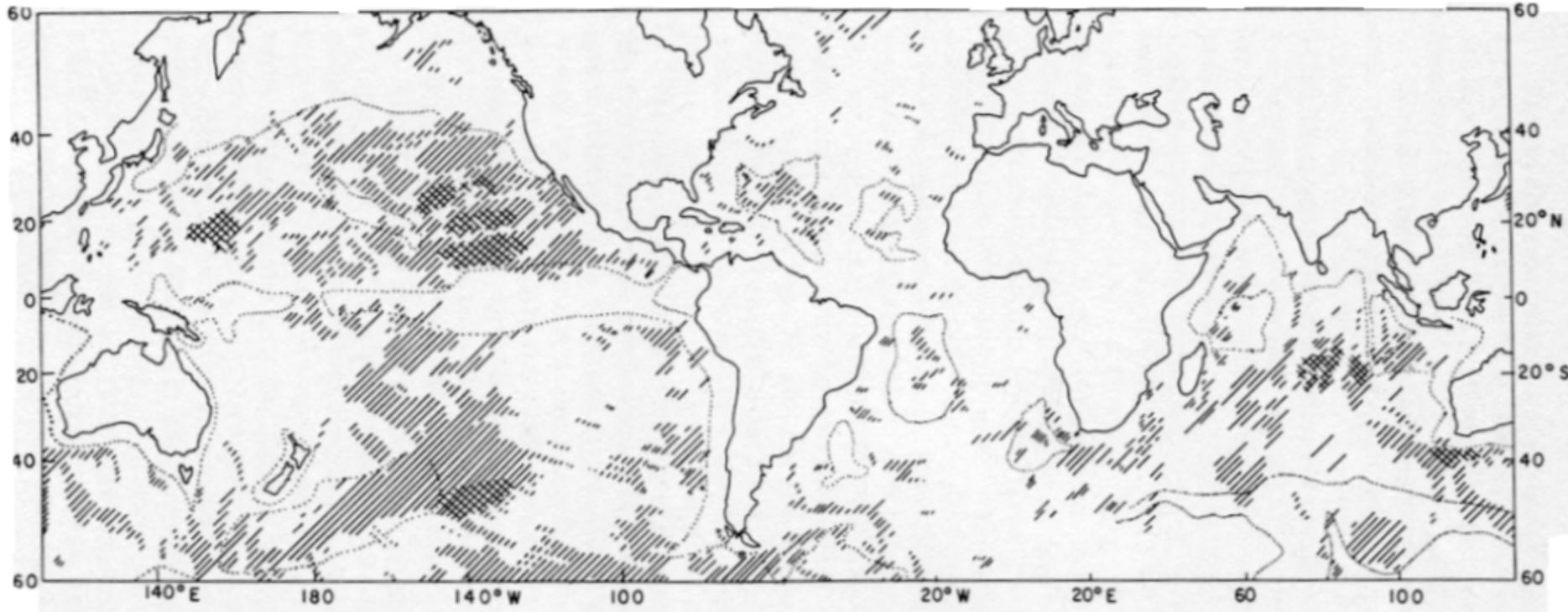


Fig. 6. Distribución mundial de los nódulos de Mn en los océanos. Las zonas con rayas cruzadas tienen mayor abundancia en nódulos (Roonwal, 1986)

YACIMIENTOS EVAPORITICOS





YACIMIENTOS EVAPORÍTICOS

- Los procesos de meteorización disuelven las sales contenidas en las rocas, transportándolas a las cuencas de decantación. Si el lugar de deposición es el mar abierto, las sales pasan a incrementar el contenido salino de los océanos, pero si el lugar de deposición es una cuenca endorreica, con condiciones climáticas áridas, las sales se concentran, llegando a precipitar en forma de capas.
- Procesos idénticos se generan en los lagoons y ensenadas marinas en las que el mar penetra periódicamente y las aguas quedan estancadas a merced de la evaporación provocada por un clima seco que, como en el caso anterior, concentra las sales hasta su saturación y precipitación. El aporte intermitente a la cuenca de sales y materiales detríticos genera una serie sedimentaria con capas rocosas y salinas.



- EVAPORITAS: sedimentos formados por la evaporación de aguas cargadas de sales que se sobresaturan y precipitan en lechos.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRECIPITACIÓN DE LAS SALES

- Grado de concentración de cada mineral
- Temperatura
- Movimientos de las aguas
- Mezcla iónica

EVAPORITAS

- TODOS LOS PERIODOS GEOLÓGICOS**
- SÓLO LAS FORMADAS EN LOS ÚLTIMOS 200 MILLONES DE AÑOS**
- LA SAL DE LAS EVAPORITAS ANTIGUAS SON LAS CAUSANTES DE LA SALINIDAD DE LOS OCEÁNOS ACTUALES.**

MINERALOGÍA DE LAS EVAPORITAS

- CLORUROS: halita, silvina, carnalita
- CLORUROSULFATOS: cainita
- SULFATOS: tenardita, epsomita
- CARBONATOS: carbonato de sodio
- OTROS: boratos



FASES DE PRECIPITACIÓN SALINA

La evaporación del agua y la sobresaturación de una salmuera aumentan progresivamente la densidad, se definen las fases de precipitación salina en función de la densidad:

- FASE CARBONATADA: 1.05
- FASE SULFATADA: 1.13
- FASE CLORURADA SÓDICA: 1.20
- FASE CLORURADA POTÁSICO MAGNÉSICA: 1.31

GÉNESIS DE LOS YACIMIENTOS EVAPORÍTICOS

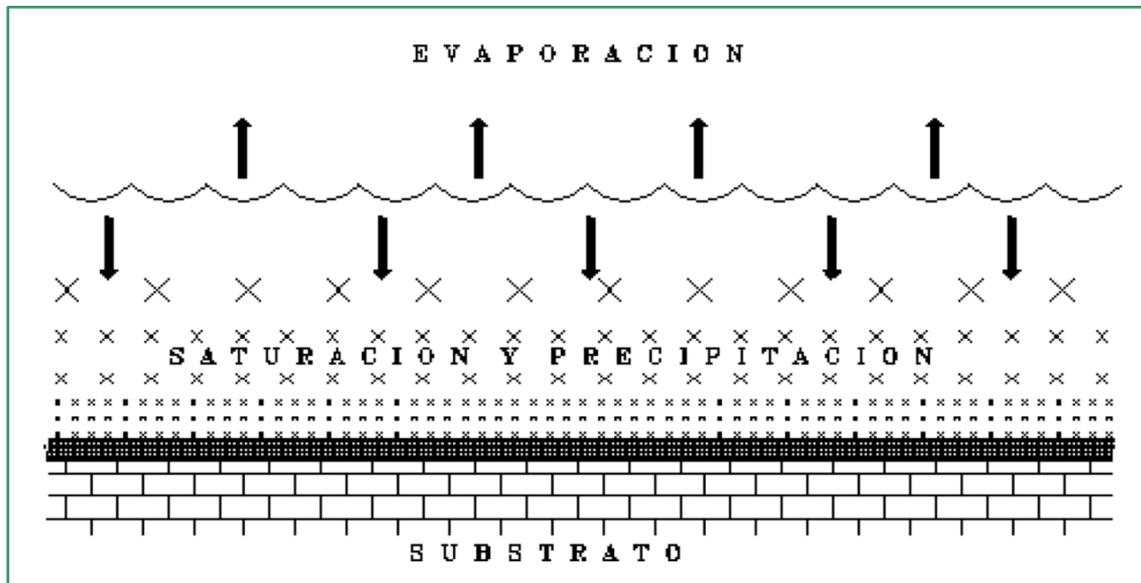
Si toda la masa de sales marinas precipitara se podría cubrir la superficie de la Tierra con una capa de 42m de potencia



GÉNESIS DE LOS YACIMIENTOS EVAPORÍTICOS

CONDICIONES:

- ÁRIDEZ
- RESTRICCIÓN DE LA CUBETA
- MEDIO MARINO/CONTINENTAL



Precipitan 1º las sales
menos solubles y las más
solubles las últimas

TIEMPO: SALES
COMPLEJAS

Grado en Ingeniería de los Recursos Mineros

GÉNESIS DE LOS YACIMIENTOS EVAPORÍTICOS



La formación de evaporitas presenta los siguientes problemas:

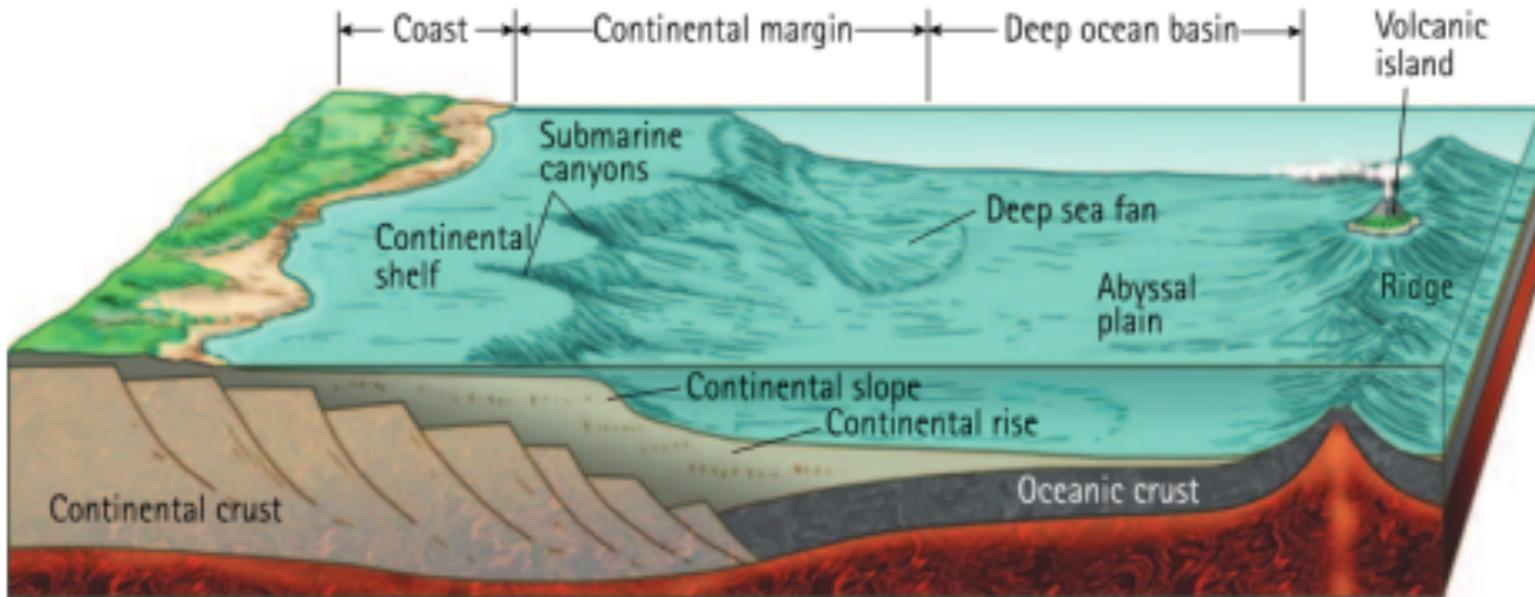
- La solución acuosa dominante en la formación de evaporitas es el agua del mar, con variaciones en su mezcla con aguas continentales.
- La evaporación es un fenómeno complejo con problemas físico-químicos en las salmueras por crear una inestabilidad en el contacto aire-salmuera.
- Los minerales solubles precipitan de acuerdo con sus condiciones de solubilidad y concentración, la nucleación provoca el crecimiento brusco de los cristales.
- La formación de los cristales depende de su crecimiento, texturas etc.
- La formación de depósitos se realiza en sedimentos y capas, con asociaciones horizontales y verticales.

MECANISMOS DE FORMACIÓN DE EVAPORITAS

- **EVAPORACIÓN** : zonas de la superficie terrestre donde el balance hídrico sea deficitario.
- **VIENTO**: arrastre vapores producidos por la T^a .
- **ESTRATIFICACIÓN DE LAS AGUAS**: por densidades y T^a , dando lugar a la existencia de capas hipersalinas.
- **INFLUJO-REFLUJO**: aporte de aguas con sales, salida de salmueras. Mareas
- **MOVIMIENTOS EUSTÁTICOS**: influjos y reflujos condicionados por elevaciones del océano
- **SUBSIDENCIA**: hundimiento paulatino de la cuenca.
- **CICLICIDAD DE LOS PRECIPITADOS**: litológica

TIPOS DE CUBETAS

- CUBETAS MARINAS: agua con un contenido en sales constante.
- CUBETAS CONTINENTALES: contenido en sales variables



CUENCAS EVAPORÍTICAS MARINAS:

Las sales de los océanos proceden principalmente de:

- Aporte de las aguas continentales, disolución de los sedimentos continentales por las aguas de lluvia y acción de la erosión.
- Disolución directa por las aguas oceánicas en contacto con la corteza terrestre.
- El vulcanismo es otra fuente de sales, aunque en menor cantidad que las anteriores.

El océano constituye el gran depósito de mezcla de las diversas aportaciones de los ríos, vulcanismo, etc. La composición de las sales que llegan al mar depende de su procedencia, algunas cuencas fluviales aportan más cloruros que sulfatos, mientras que otras aportan más carbonatos, dependiendo de los materiales que lixivien.

Una masa de agua de mar aislada, en la que la evaporación supera la entrada de agua nueva en la marea alta, el contenido salino va aumentando bajando a niveles más profundos, empezando a precipitarse las sales menos solubles, como los óxidos de Fe o el CO_3Ca seguidas de la sal común y del yeso. La subsiguiente evaporación determina la deposición del SO_4Mg y Cl_2Mg , seguidas por el resto de las sales contenidas en las aguas madres.



Los mares contienen la mayor proporción de sales. En concreto, el contenido medio en sales de los mares es del siguiente orden:

La salinidad media del agua del mar es del orden de 3.5%, valor que es relativamente homogéneo en términos de grandes océanos. Este valor se hace mayor es determinados casos, alcanzando valores de el 30%.

Ión	Concentración (ppm)
Cl ⁻	19.010
(SO ₄) ²⁻	2.717
(HCO ₃) ⁻	137
Na ⁺	10.800
Mg ²⁺	1.296
Ca ²⁺	413
K ⁺	407

CUENCAS EVAPORÍTICAS LACUSTRES:

Los lagos contienen por lo general aguas dulces, pero en ocasiones pueden llegar a contener aguas ricas en sales, distintas a las del mar, cuantitativamente.

- **Composición más diversa de las sales**
- **Mares interiores aislados por procesos geotectónicos**
- **Las evaporitas pueden redisolverse**
- **Alternancia de capas salinas y arcillas**

- Cubeta cerrada sin pérdida de agua
- **Evaporación > cuantitativamente a la entrada de agua**
- **Entrada de agua suficiente para mantener constante la lámina de agua.**

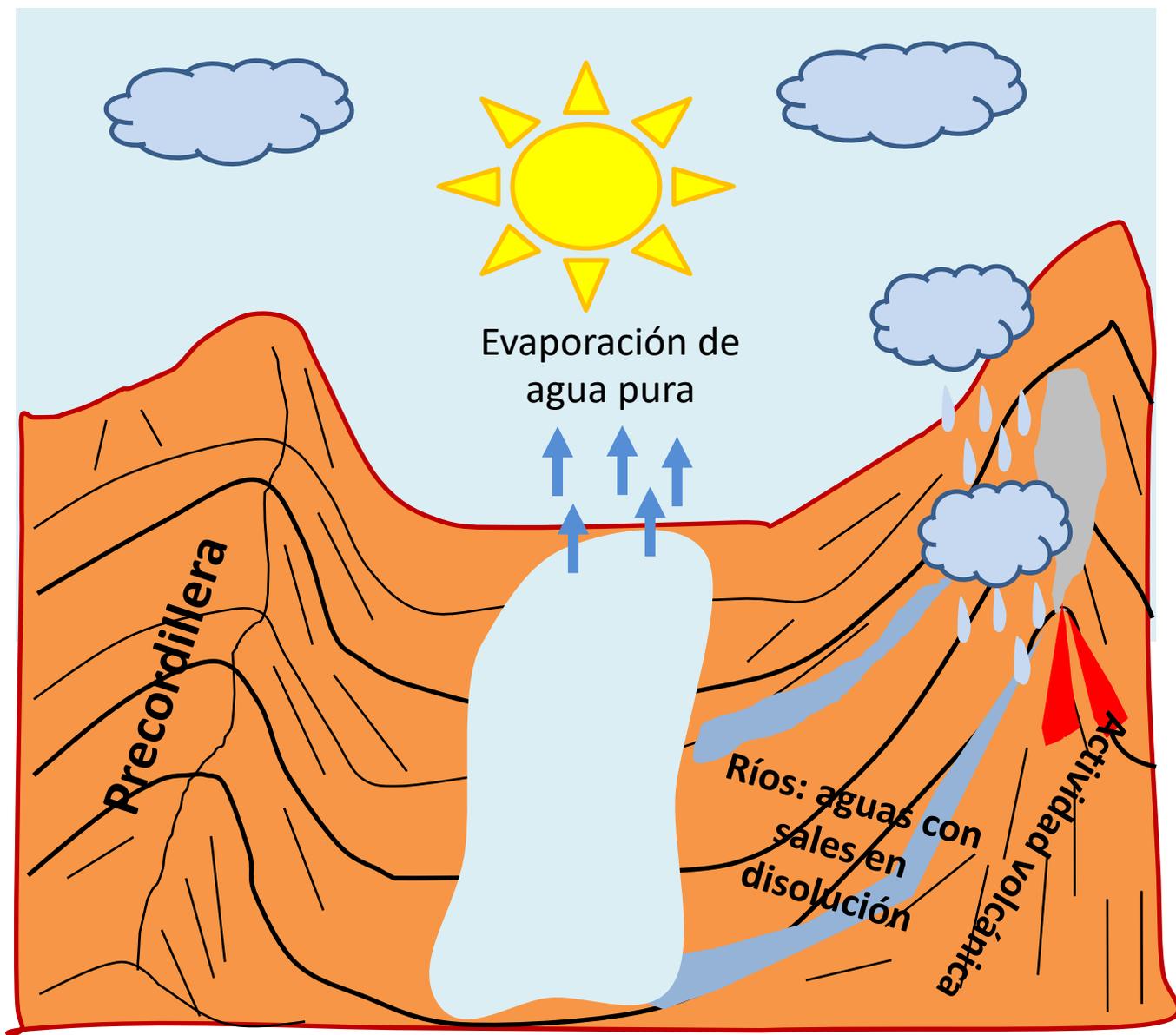


CUENCAS EVAPORÍTICAS LACUSTRES:

Los depósitos salinos producidos en lagos son menos extensos y más complejos que los marinos, con una evolución más rápida y mayor variedad de sales.

Tres tipos de yacimientos minerales que pueden formarse a partir de las aguas de lagos salinos intracontinentales:

1. Depósitos de sales sulfatadas sódicas (thenardita, glauberita) o magnésicas (epsomita)
2. Depósitos de carbonatos alcalinos (trona, natron)
3. Depósitos de arcillas especiales (sepiolita, palygorskita).
De ellos tienen importancia sobre todo los de sulfato sódico y arcillas especiales





TRANSFORMACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE SAL

- Los yacimientos de sales actuales se están formando en cuencas y depresiones poco profundas. Los compuestos difícilmente solubles (carbonatos y yesos) se encuentran próximos a los bordes de las cuencas, mientras que las sales que se disuelven más fácilmente se sitúan en el interior.
- Muchas de las rocas salinas conocidas presentan muestras de haber sufrido elevadas temperaturas en su formación, lo que se explica debido al calor geotérmico de la Tierra o a la presión del recubrimiento. La situación actual de muchos depósitos salinos es debida a la diferencia de densidad de los materiales salinos que los hacen ascender por las fracturas preexistentes, y a la plasticidad de los sedimentos salinos afectados por las presiones diferenciales del fondo del geosinclinal y los esfuerzos tectónicos posteriores. La sal se deposita en capas sedimentarias que, en zonas poco plegadas, aún pueden reconocerse capas planas simples.

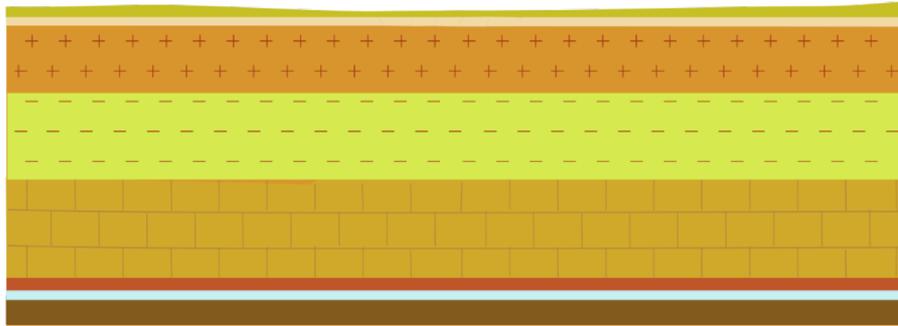


TRANSFORMACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE SAL

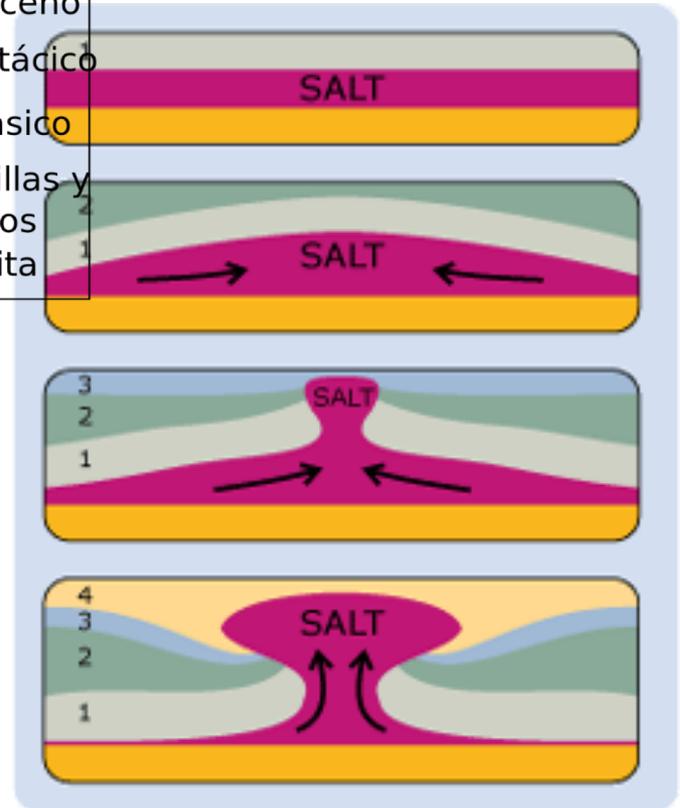
En el fondo de las cubetas o depresiones en los que se deposita la sal sufren dos tipos de presiones:

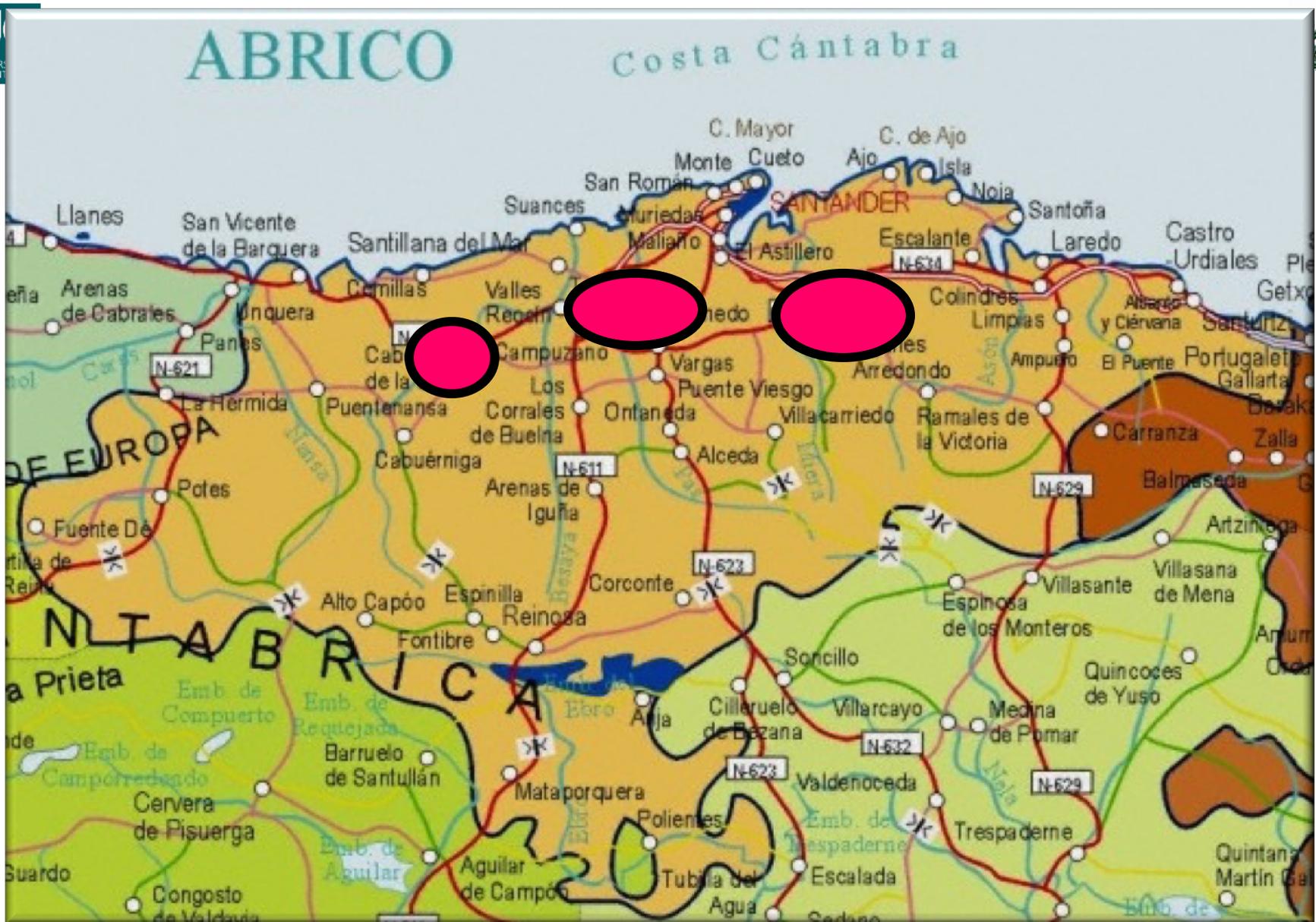
- **Presiones verticales** por acumulación de sedimentos sobre las capas salinas. Estas presiones no son homogéneas, produciendo esfuerzos diferenciales sobre las capas de sal que, debido a su plasticidad, fluyen hacia zonas más débiles tectónicamente, en las que la presión es menor.
- **Presiones horizontales** y en cualquier otro sentido, producidas por los esfuerzos tectónicos. En regiones moderadamente plegadas, la sal se acumula, sobre todo, en los núcleos de los anticlinales.

Debido a los esfuerzos tectónicos producidos por la extrusión, las capas detríticas superiores más rígidas se rompen creándose una serie de fracturas y fallas por donde penetra la sal más plástica. La morfología actual de muchos depósitos salinos es en forma de stock o domo de sal, denominado también "**diapiro**".



- Mioceno
- Cretácico
- Jurásico
- Arcillas y yesos
- Halita





Yacimientos de sal en Cantabria



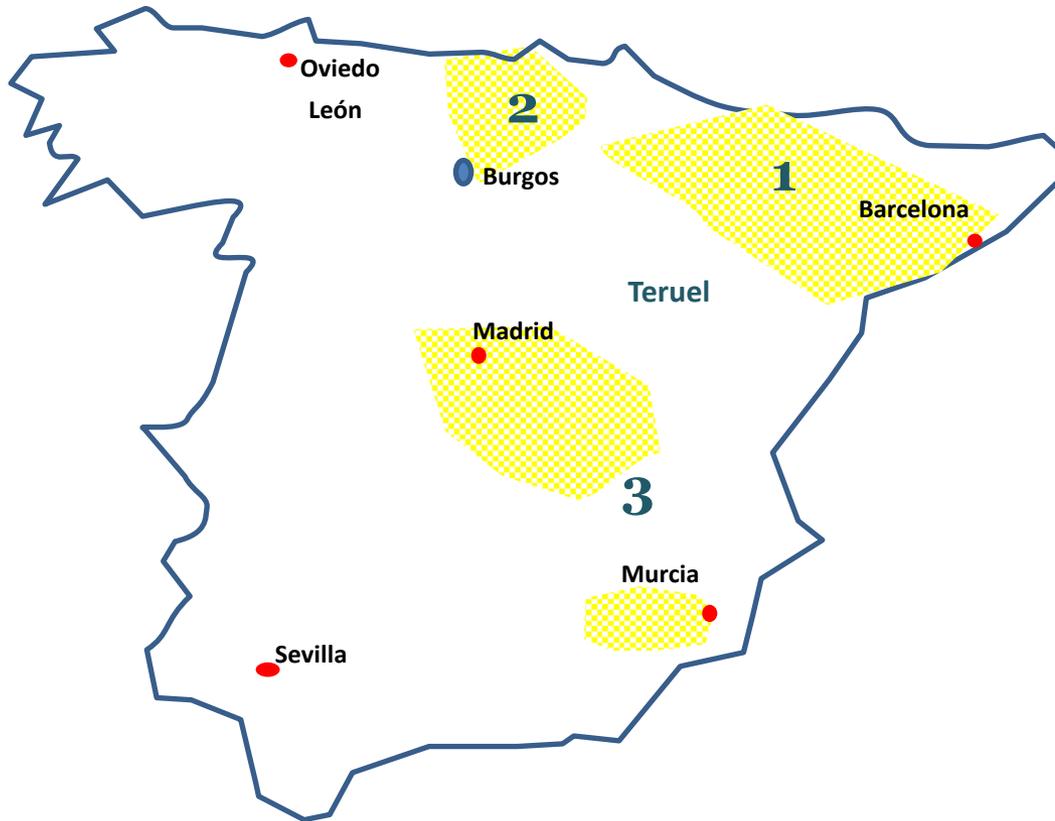
RELACIONES DE LAS EVAPORITAS CON LAS ÉPOCAS GEOLÓGICAS

Los procesos evaporíticos se asocian a periodos de aridez muy acusada. Durante la historia geológica existen épocas caracterizadas por sus bajas temperaturas, épocas cálidas y templadas donde la vegetación fue muy abundante y periodos caracterizados por su aridez, en los que se depositaron evaporitas en todo el mundo, tal es el caso del Keuper, con depósitos salinos generalizados.

Las épocas áridas favorables para la formación de evaporitas son las siguientes:

- **Cámbrico:** Yacimientos salinos del Canadá.
- **Silúrico:** Subsuelo de Michigan (USA).
- **Devónico:** Saskatchewan (Canadá).
- **Pérmico:** Stasfurt (Alemania), Moscú y Kasan (URSS).
- **Triásico Superior (Keuper):** Es particularmente rico en formaciones salinas como las de Cantabria (Polanco, Cabezón de la Sal, etc.).
- **Jurásico-Cretácico:** Golfo de México.
- **Mioceno:** Suelos de la Meseta Castellana y cuenca del Ebro. (Yeso y alabastro)

DEPÓSITOS DE EVAPORITAS EN ESPAÑA Y CANTABRIA



- 1. DEPRESIÓN DEL EBRO:** Cuenca Oriental Catalana. Cuenca Occidental Navarra
- 2. ZONA NORTE:** diapiros mesozoicos
- 3. ZONA CENTRO LEVANTINA:** sales sódicas mesozoicas

LA MONTAÑA DE SAL DE CARDONA (BARCELONA)



Poza de la Sal (Burgos)



SALINAS DE AÑANA (ÁLAVA)



Salinas de Añana posee manantiales de agua salada que forman el río Muera, debidos a que los cursos subterráneos de agua atraviesan sedimentos de sal antes de salir a la superficie y cuya explotación está documentada desde el año 822.

Salt Valley: Salinas de Añana (Álava)

