

# GEOMORFOLOGÍA I & II



## METEORIZACIÓN

### PARTE II: METEORIZACIÓN QUÍMICA, PROCESOS Y FORMAS RESULTANTES

Ing. Guillermo Antonio ARCE

Mg. Prof. Jorge Alfredo ALBERTO

Lic. Claudia Verónica GÓMEZ

Prof. Matías Emanuel SANCHEZ

---

MATERIAL DE CONSULTA DE CÁTEDRA

ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LA COMPILACIÓN DE BIBLIOGRAFÍA  
IMPRESA Y DE INTERNET

---

- Profesorado y Licenciatura en Geografía
- Departamento de Geografía
- Facultad de Humanidades
- Universidad Nacional del Nordeste



## OBJETIVO DEL ARTÍCULO

---

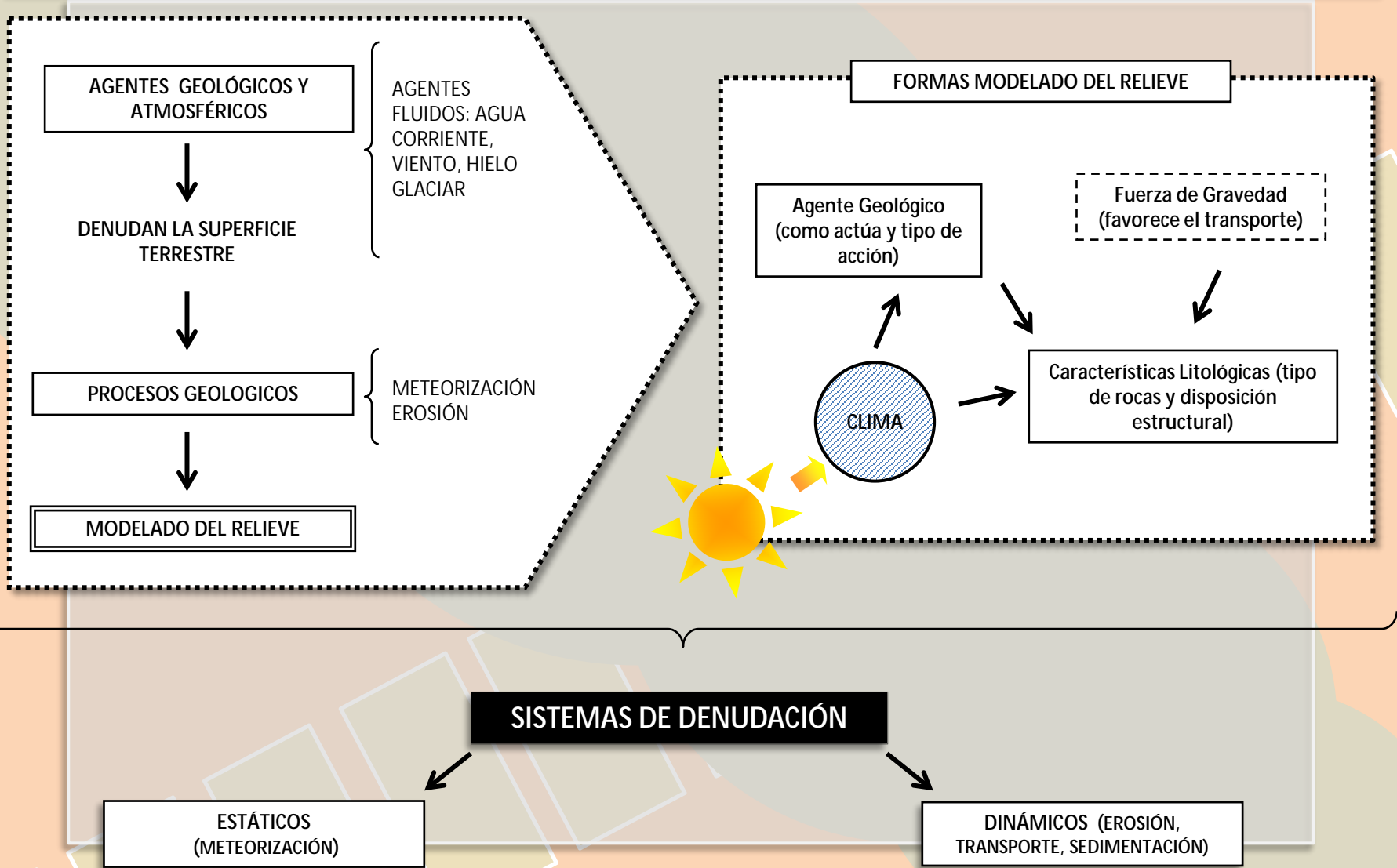
Como objetivo este trabajo, basado en la compulsa y síntesis de materiales impresos y de internet, pretende brindar a los alumnos de la carrera de Geografía conceptos introductorios referidos a la meteorización química, procesos que implica, tipos y formas resultantes.

Con ello se pretende, por un lado, que se reconozcan y comprendan los procesos fundamentales que intervienen en la conformación de los componentes del sistema terrestre y las relaciones dinámicas que se establecen entre ellos, y por otro, que se identifiquen y entiendan las dimensiones temporales y espaciales propias de los hechos geológicos y geomorfológicos que caracterizan el espacio geográfico presente.

El trabajo se organiza sobre cinco aspectos referidos al estudio de la dinámica de la “Meteorización” con especial énfasis en la meteorización química, los cuales se detallan a continuación:

- 4 El primero hace referencia, de manera escueta e introductoria a los agentes y procesos que intervienen en el modelado de la superficie terrestre, ya desarrollados en publicaciones anteriores de esta revista (Geográfica Digital, Año 12. N° 23. Enero – Junio 2015).
- 4 El segundo, define la meteorización y caracteriza los factores que influyen en sus procesos.
- 4 El tercero, se centra sobre la meteorización química, los agentes que intervienen y los procesos que se dan en la misma.
- 4 El cuarto, se trabaja de forma detallada sobre los diferentes procesos de meteorización química, los agentes que intervienen y las formas resultantes.
- 4 Finalmente, se realiza una breve caracterización de las formas resultantes de la meteorización química .

# AGENTES Y PROCESOS DE MODELADO



Guillermo Antonio Arce, Jorge Alfredo Alberto, Claudia Verónica Gómez, Matías Emanuel Sánchez / 2015

# SISTEMA DE DENUDACIÓN ESTÁTICOS

## METEORIZACIÓN

Proceso de desintegración y descomposición *in situ* de las rocas y de los minerales que la componen por acción superficial de la atmósfera, hidrosfera y biosfera.

- Meteorización Mecánica
- Meteorización Química
- Meteorización Biológica

### METEORIZACIÓN MECÁNICA O FÍSICA

Cuando la roca se fragmenta y desintegra sin alterar su composición química.

Actúan al mismo tiempo y se complementan

### METEORIZACIÓN QUÍMICA

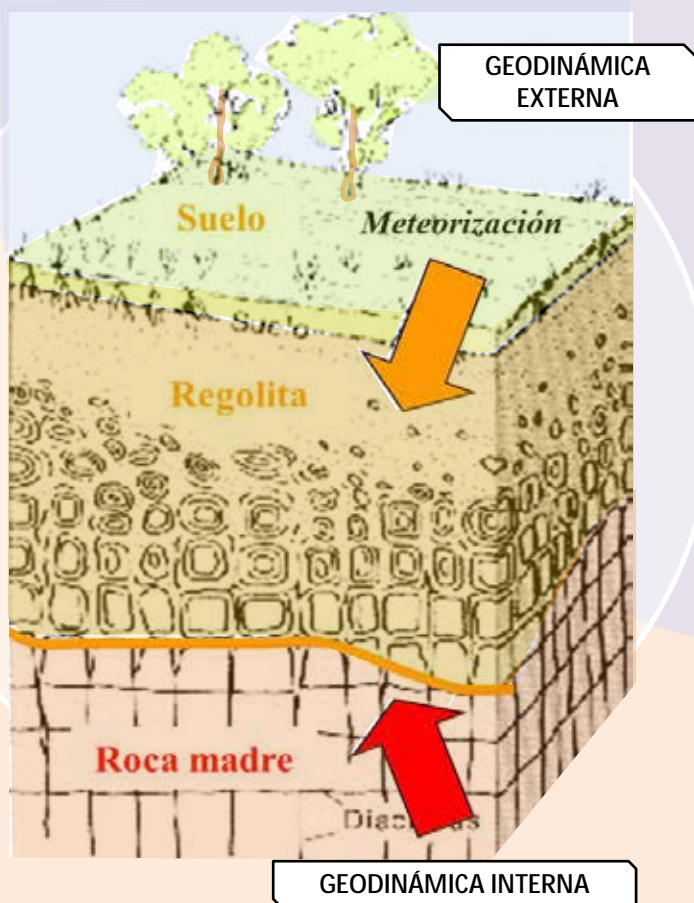
Cuando la roca se descompone por alteración química.

### METEORIZACIÓN BIOLÓGICA

Cuando la roca se desintegra por acción mecánica y se descompone por acción química de la vegetación, animales, insectos y microorganismos.

## DEFINICIÓN METEORIZACIÓN: CONCEPTOS GENERALES

La meteorización es la desintegración y/o descomposición del material geológico de la superficie terrestre. Incluye todas las alteraciones de carácter físico y químico que modifican las características y propiedades de los materiales. Los procesos de meteorización dan lugar a la formación de regolita (material meteorizado y fragmentado) y suelo.



El contacto entre roca y suelo puede ser neto o gradual. El material meteorizado puede permanecer en su lugar de origen sobre la roca madre o roca firme (*regolita y suelo residual*) o puede ser transportado como sedimento y puede litificarse originando nueva roca o permanecer como material suelto y dar origen a suelos (*suelos transportados*).

La meteorización química puede ser más intensa en cuanto a la alteración del material rocoso. Produce descomposición y cambios mineralógicos. El intemperismo físico fractura y disgrega la roca, debilitando la estructura rocosa. Al romperse los minerales y los contactos entre partículas, aumenta la superficie expuesta a la atmósfera y a la acción de agentes de meteorización.

Las rocas ígneas y metamórficas, son químicamente inestables en la superficie terrestre, al haberse formado en condiciones de presión y temperatura muy diferentes. Por esta razón sufren intensa meteorización química y cambios mineralógicos. Sin embargo, son más resistentes a la meteorización mecánica que las rocas sedimentarias.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA METEORIZACIÓN

### CLIMA

- controla la presencia de agua, principal agente de meteorización química.
- determina la temperatura y las amplitudes térmicas, tanto diarias como estacionales.
- influye en el desarrollo y en la menor o mayor abundancia de vegetación.

### LITOLOGÍA

- define la composición y estructura de las rocas que condicionan la estabilidad química y la resistencia mecánica ante los esfuerzos físicos.
- determina la porosidad y la permeabilidad de las rocas
- controla el grado de fracturación tectónica, que favorecen la infiltración de las aguas superficiales y los procesos de meteorización química y/o biológica

### TOPOGRAFÍA

- regula la circulación de agua que favorecen la meteorización

### ACTIVIDAD BIOLÓGICA

- la presencia de una cubierta vegetal continua favorece los procesos de meteorización química, mientras que la ausencia de ésta favorece los de tipo físico
- el carbono biogénico suministra bicarbonato a las aguas superficiales y subterráneas, que acelera la humificación y la generación de compuestos órgano metálicos

### TIEMPO

- cuanto más tiempo actúen cualquiera de los tipos de meteorización más intenso será el proceso y mayor será la cantidad de material disponible para puedan desarrollarse otras acciones de transformación.

## METEORIZACIÓN QUÍMICA

produce la **descomposición de los minerales constituyentes de la roca.**

Principales agentes:

- Agua (presente en la atmósfera, hidrosfera y biosfera)
- Oxígeno
- Anhídrido carbónico
- Ión hidrógeno

Es un **proceso complejo** que implica la transformación y la aparición de nuevos compuestos minerales a través de la **destrucción de la estructura cristalina** del mineral dando lugar a nuevos compuestos minerales y liberando iones solubles por medio de una serie de reacciones químicas complejas (**hidrólisis; disolución; oxidación- reducción; carbonatación, intercambio iónico** )



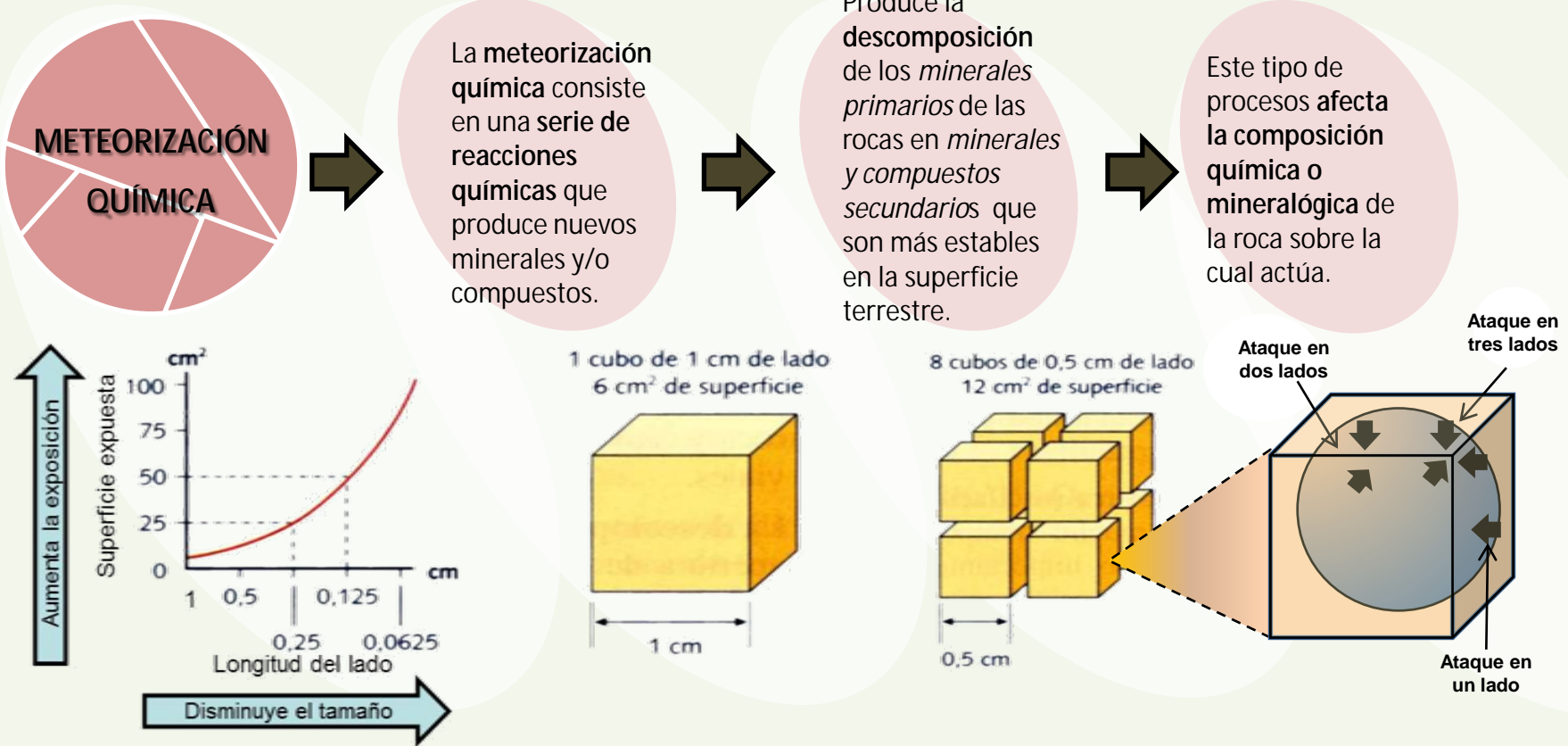
Está estrechamente relacionada con el **clima**, ya que éste regula las condiciones de humedad y temperatura que son esenciales para controlar las reacciones químicas que conducen a la descomposición de los minerales.



El clima tropical, caracterizado por elevadas temperaturas y disponibilidad de agua, produce procesos de descomposición que son 3,5 veces más intensos que los que ocurren en condiciones de clima templado.

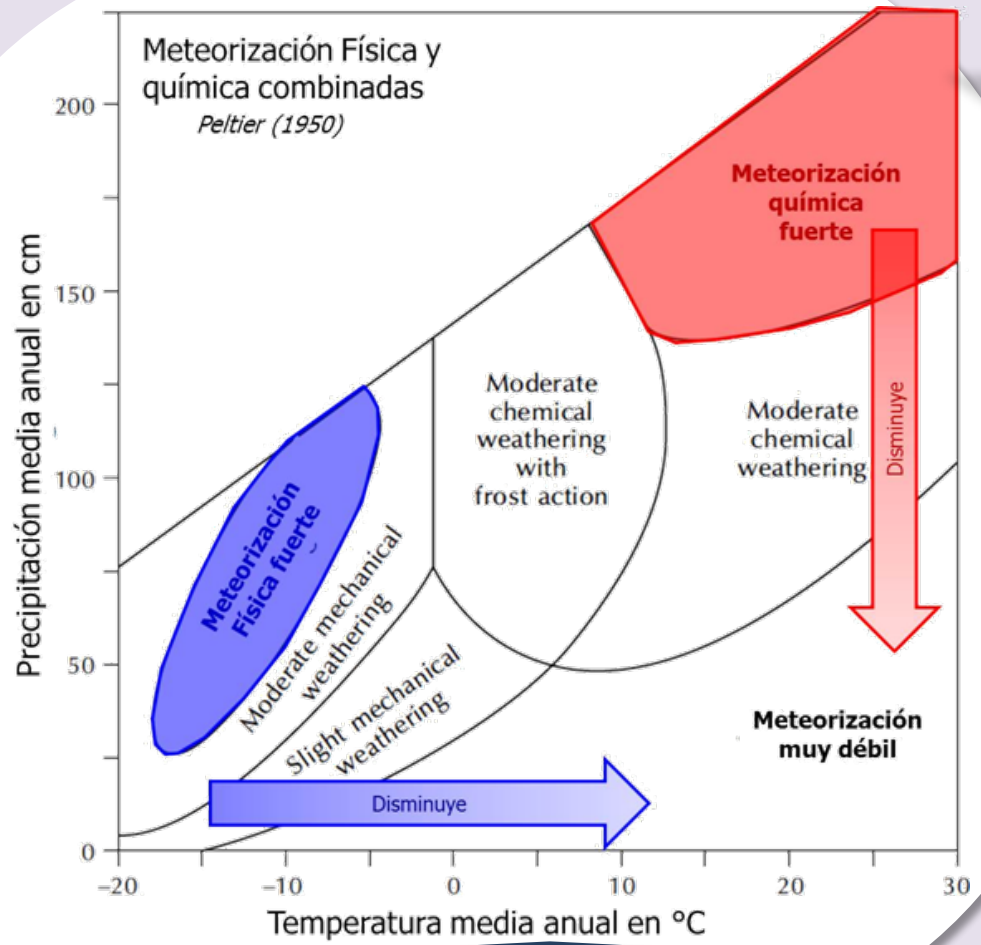
# METEORIZACIÓN QUÍMICA

La **Meteorización Química**: Conjunto de procesos que descompone los constituyentes de la roca y las estructuras internas de los minerales a través de reacciones químicas que los transforman en nuevos minerales y/o en otros compuestos que son liberados en el ambiente.



La meteorización física fractura las rocas en fragmentos cada vez más pequeños esto *incrementa la superficie expuesta* y facilita la acción de la **meteorización química**. En las esquinas y en las aristas existe mayor superficie para que actúe la meteorización química





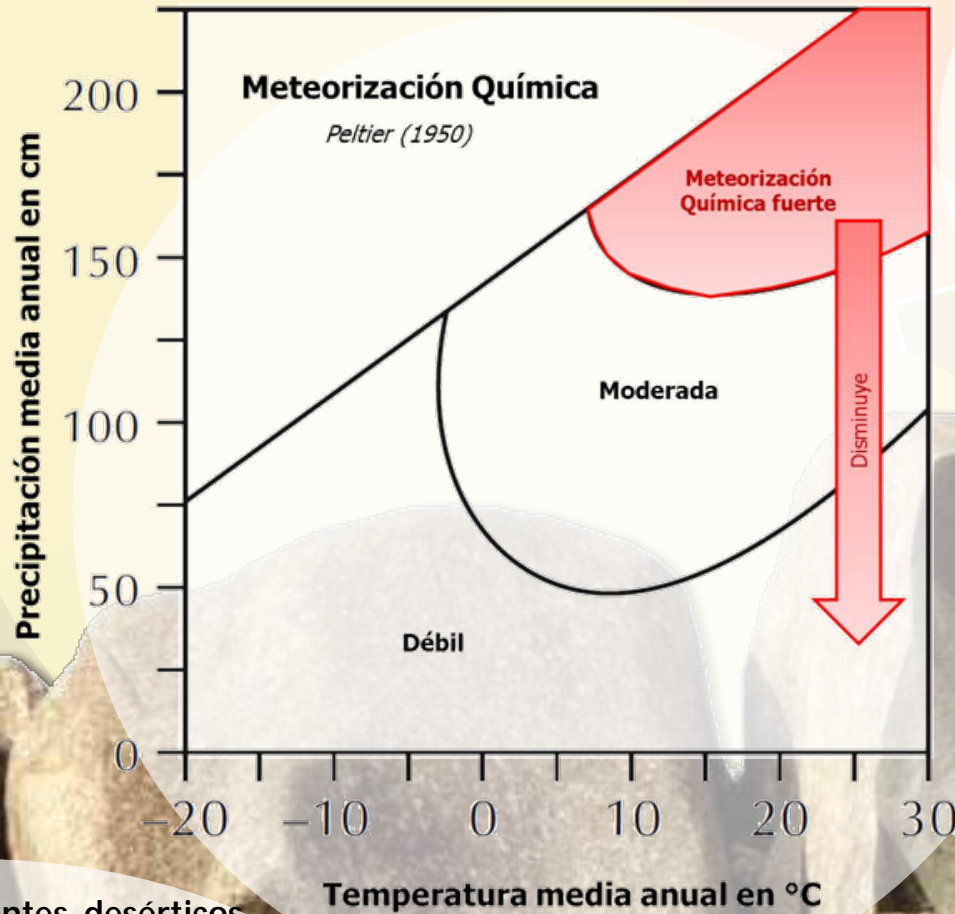
Louis Peltier (1950) sostiene que la intensidad de la meteorización química y mecánica, se hallan condicionadas por la temperatura y la precipitación

La intensidad de la meteorización química depende de la disponibilidad de humedad y altas temperaturas.

Las bajas temperaturas retardan la velocidad de las reacciones químicas.

En regiones áridas y/o frías donde las temperaturas son bajas y el agua es escasa, el intemperismo mecánico es más efectivo sobre todo por los ciclos repetitivos de cambio de humedad y temperatura.

En zonas tropicales húmedas el agua es el agente de meteorización química que ataca las estructuras cristalinas, transporta cationes y sílice



En zonas de elevadas temperaturas y precipitación la meteorización química es muy importante

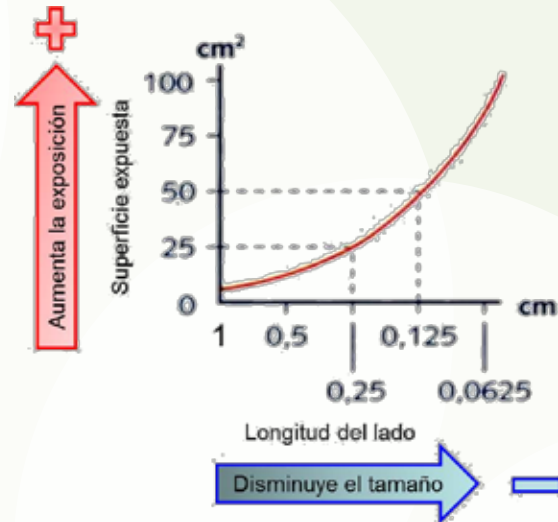
En ambientes desérticos fríos las bajas temperaturas retardan la acción de la meteorización química

Formas redondeadas en granito. Tandil. Buenos Aires

La fragmentación de la roca en partículas de menor tamaño (clastos), **facilita** a la **meteorización química** porque aumenta la superficie relativa de las rocas, sobre la cual, a la vez, actúa la meteorización biológica .

Un aspecto interesante de la meteorización química es la aparición de **formas esferoidales** en la masa rocosa atravesada por diaclasamiento.

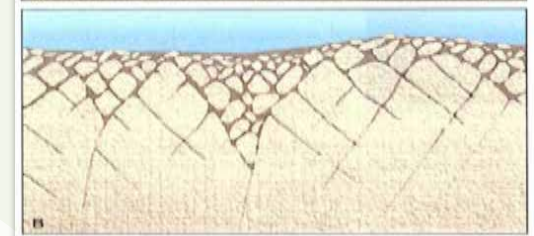
Esto evidencia descomposición química originada a partir de reacciones de minerales primarios de la roca con la atmósfera y con el agua que infiltra a través de las grietas.



◀ **Formas esferoidales**

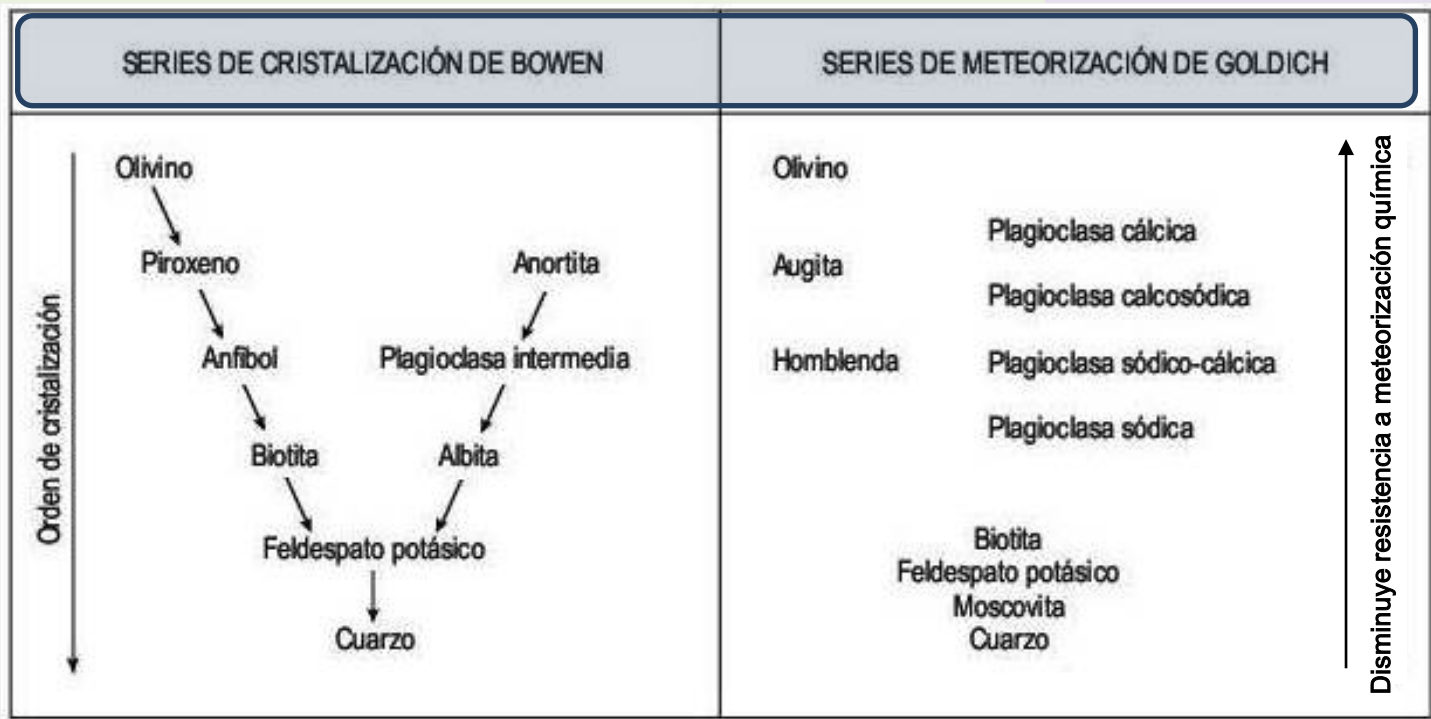
El intemperismo químico destruye las esquinas y bordes agudos más velozmente que las caras de las rocas de modo que se **redondean las aristas** de los bloques.

Formas redondeadas en granito. Tandil. Buenos Aires ▶



## RESISTENCIA DE LOS MINERALES A LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

La estructura cristalina juega un papel importante en la meteorización. En la cristalización magmática de minerales, representada por Bowen (1928), se forman primero los minerales de mayor punto de fusión. La secuencia de alteración o series de estabilidad para los minerales primarios más comunes fue establecida por Goldich (1938) y es inversa a la serie de Bowen. Los minerales que más fácilmente se descomponen son los que primero se forman.



ORDEN DE ELIMINACIÓN DE ÓXIDOS DURANTE LA METEORIZACIÓN (Goldich, 1938)

- Na<sub>2</sub>O
- CaO
- MgO
- K<sub>2</sub>O
- SiO<sub>2</sub>
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (RESISTATOS)

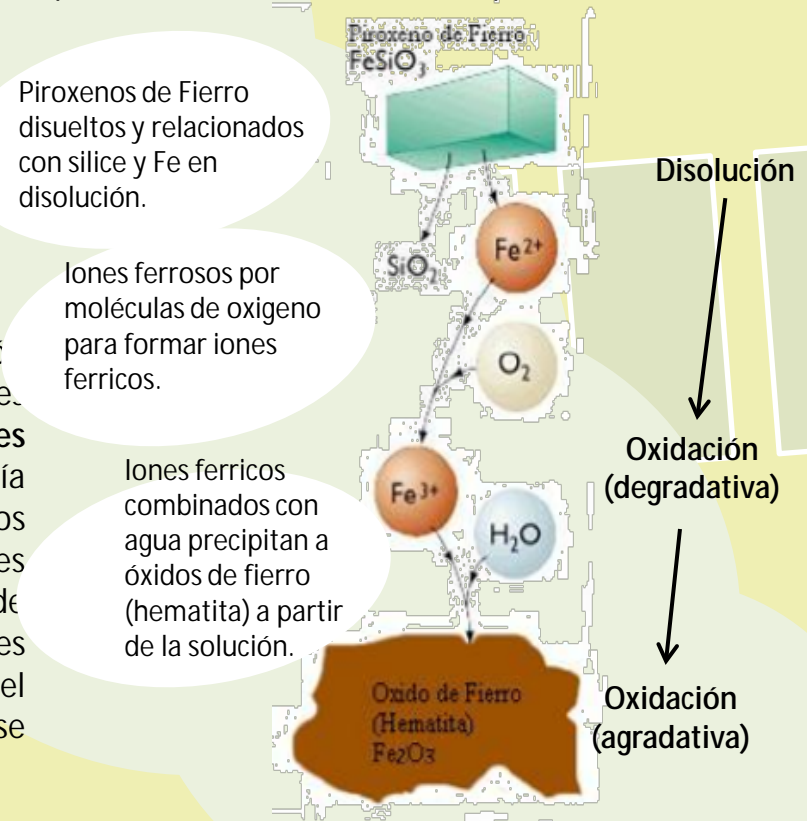
Guillermo Antonio Arce, Jorge Alfredo Alberto, Claudia Verónica Gómez, Matías Emanuel Sánchez / 2015

## PROCESOS DE METEORIZACIÓN QUÍMICA

Las rocas formadas a presiones y temperaturas mayores que las de la superficie, se vuelven inestables en contacto con la atmósfera. En la superficie terrestre, las reacciones químicas más importantes implican la **presencia de agua, oxígeno y dióxido de carbono** que atacan los minerales componentes de las rocas y provocan reacciones exotérmicas. El **agua es principal agente** de intemperismo químico, su efecto es más intenso al aumentar su contenido en ácidos o en bases. Interviene, en los procesos de alteración más importantes como la **hidrólisis**; la **disolución** y la **oxidación-reducción**. Otras reacciones que contribuyen a la descomposición de las rocas y de la estructura interna de los minerales, son la carbonatación; la hidratación química y el cambio catiónico. La descomposición resulta de la acción separada o simultánea de los todos estos procesos químicos:

- Hidrólisis
- Disolución
- Oxidación - Reducción
- Carbonatación
- Hidratación
- Cambio iónico

La meteorización química conduce a cambios en la composición química y mineralógica de las rocas bajo la influencia de los agentes atmosféricos e hidrosféricos. La alteración de los **minerales primarios**, en general complejos, da nacimiento, ya sea vía transformación o vía síntesis, a **minerales secundarios**, más o menos solubles (carbonatos alcalinos y alcalinos térreos), o coloidales (arcillas, óxidos de Fe y de Al). El conjunto constituye el complejo de alteración. El complejo de alteración, junto a los minerales residuales, es decir aquellos que no fueron alcanzados por el proceso de alteración, constituyen la fracción mineral de la fase sólida del suelo



Guillermo Antonio Arce, Jorge Alfredo Alberto, Claudia Verónica Gómez, Matías Emanuel Sánchez / 2015

## HIDRÓLISIS

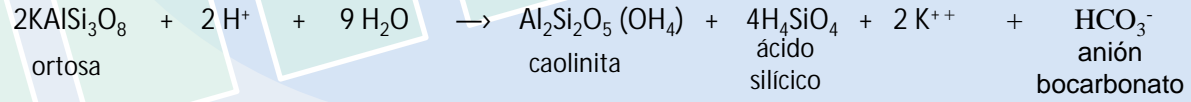
**Hidrólisis:** comprende todas aquellas reacciones químicas en las que la **molécula de agua se disocia** en hidrógeno (H<sup>+</sup>) e hidroxilo (OH<sup>-</sup>), que hacen que el agua se comporte como un ácido débil. Los iones (H<sup>+</sup>) reemplazan a otros cationes, se incorporan a la estructura cristalina del mineral y la destruyen en forma progresiva liberando a las soluciones acuosas los cationes procedentes del mineral. Esto puede favorecer la transformación del mineral en otro o disolverlo completamente.

La hidrólisis es el más importante tipo de alteración química (principalmente de los silicatos) y el que más profundamente ataca a las rocas. Esta reacción genera la progresiva separación y lavado de la sílice, mica, feldespatos y cualquier otro elemento que componga la roca. Como consecuencia se forman minerales arcillosos y residuos metálicos arenosos.

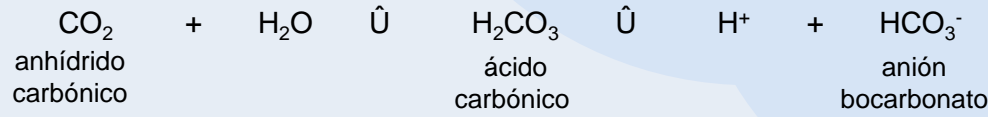


Hidrólisis de feldespatos. Humahuaca - Jujuy

La hidrólisis es más eficaz cuanto mayor es la humedad y la temperatura, y la existencia de una cobertura vegetal, que controlan la velocidad de la percolación o lixiviación (penetración del agua en el suelo). Esta última es fundamental para que tengan lugar los procesos de hidrólisis ya que el agua de lluvia apenas tiene iones H<sup>+</sup>. Los ácidos procedentes de la descomposición de los seres vivos cargan el agua con iones H<sup>+</sup>.

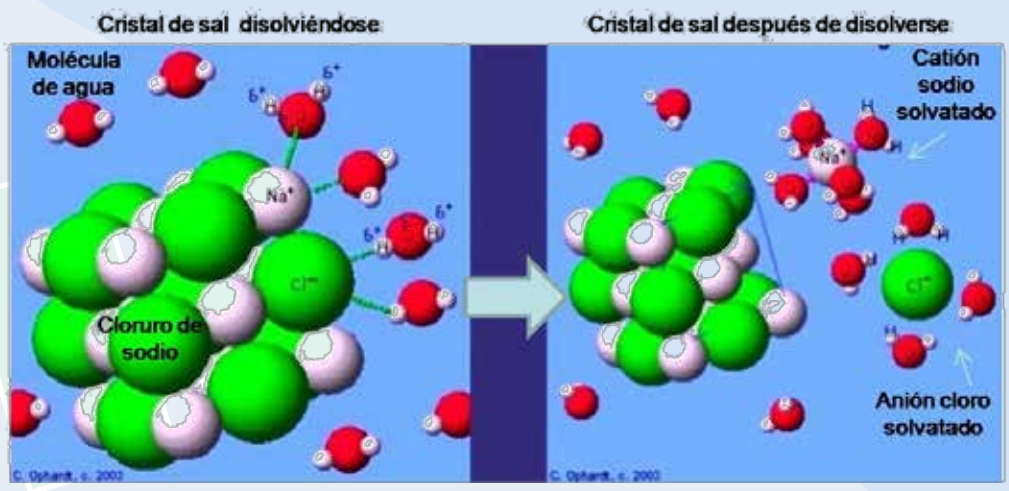
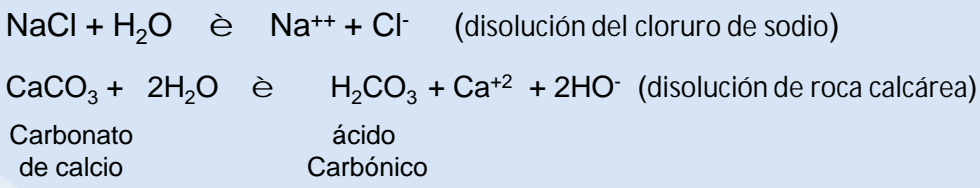


Otro rasgo característico de la hidrólisis es la **liberación de iones de silicio** si de los minerales silicatos, el cual se vuelve a combinar dando ácido silícico. este proceso es conocido como **desilificación** de las rocas. El ácido silícico puede descomponerse y depositarse como sílice. Si se incorpora anhídrido carbónico CO<sub>2</sub> (de la atmósfera), se origina ácido carbónico, que contribuye a la descomposición química de la roca.



## DISOLUCIÓN

**Disolución:** Es la reacción química de las rocas y minerales con el agua o un ácido. A través de este proceso en los que sales minerales solubles que forman una roca se disuelven en el agua, es decir, **se rompen los enlaces** entre los iones de las **redes cristalinas** y los iones liberados pasan a estar en solución en el líquido.



En el agua, una pequeña cantidad se encuentra ionizada. El ión H<sup>+</sup> (hidronio) es muy reactivo y aumenta la acidez del agua, lo que a su vez, incrementa la fuerza corrosiva del agua.



Disolución de sal. Salinas grandes - Jujuy

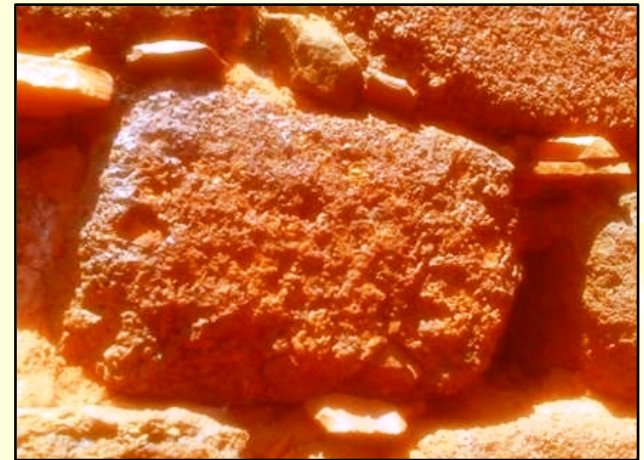
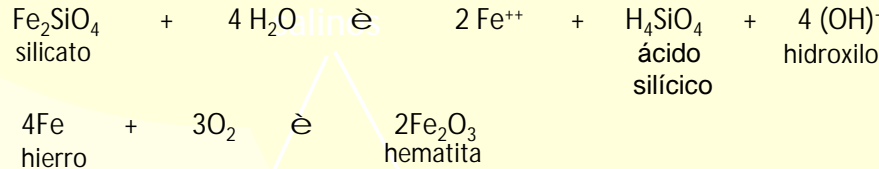
La estructura dipolar del agua favorece la disolución mediante la puesta en solución de cationes y aniones.

Muchas rocas sedimentarias que contienen sal (Ejemplo: NaCl), en ellas la carga (+) de la molécula de agua atrae el anión Cl<sup>-1</sup> y la carga (-) al catión Na<sup>+2</sup>. Se alteran las fuerzas de atracción existentes en el cristal de sal y se liberan los iones en solución acuosa.

## OXIDACIÓN - REDUCCIÓN

**Oxidación - Reducción:** la **oxidación** abarca todas las reacciones en las cuales **se eliminan electrones** de los iones. Por el contrario la reacción de **reducción** comprende todas aquellas en las que **se adicionan electrones** a los iones o átomos. Ambas reacciones ocurren en forma simultánea, ya que la sustancia oxidante se reduce al adueñarse de los electrones que pierde la que se oxida. El oxígeno libre de la atmósfera se disuelve en el agua superficial y está disponible en la regolita y en los suelos para actuar en la oxidación de iones liberados a través de procesos como hidrólisis, reacciones de intercambio iónico, etc. Los minerales silicatos, liberan cationes de Fe, Mg, Ca, Na y Al, los cuales son susceptibles de sufrir **oxidación**.

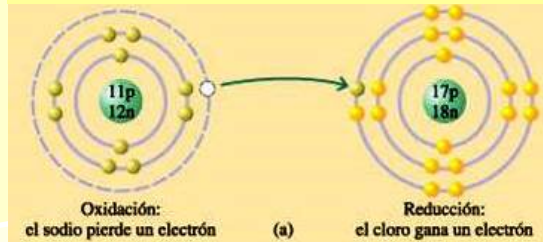
Ejemplo: la oxidación de los iones de hierro (Fe), al combinarse con el oxígeno del agua subterránea, dan lugar a la Hematita (color ocre a rojizo) y otros óxidos de Fe hidratados como la limonita (color pardo amarillento), las cuales imprimen color a rocas y suelos.



Oxidación de basalto. San Ignacio - Misiones

La oxidación es el proceso de alteración más generalizado, pero el de menor transcendencia morfológica, ya que sólo penetra unos milímetros en la roca. Ocurre en rocas en zonas donde la **provisión de oxígeno es alta** y la demanda biológica de oxígeno es baja.

### Oxidación reducción del NaCl



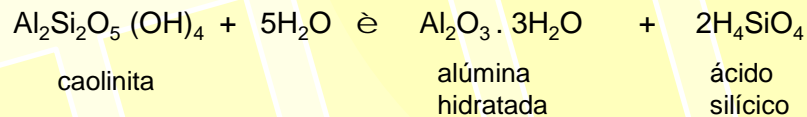
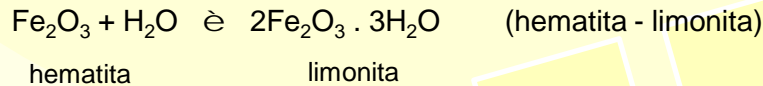
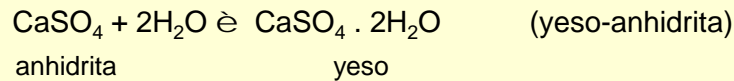
El proceso de oxidación se produce fuera de la zona de saturación capilar, con las rocas compuestas por minerales que se combinan con el oxígeno (minerales férricos, carbonatos, sulfuros) para formar óxidos e hidróxidos. Las reacciones de oxidación o reducción pueden ser *agradativas o degradativas*, es decir, aumentar o disminuir la complejidad del mineral original

Los silicatos máficos (Fe y Mg como olivino, piroxeno, hornblenda) se descomponen en hematites, limonita. Sin embargo la oxidación sólo se produce cuando el Fe es liberado de los silicatos mediante el proceso de la hidrólisis.



## HIDRATACIÓN

**Hidratación:** Todas aquellas reacciones en las que la **molécula de agua** no se **disocia** son reacciones de hidratación. Esta reacción química implica la absorción o la incorporación de agua a la estructura cristalina de un mineral (adsorción). Cuando las moléculas de agua se introducen a través de las redes cristalinas de las rocas se produce una presión que causa un aumento de volumen, que en algunos casos como el  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  puede llegar al 300% (Goudie, 1977).



Hidratación salina. Necochea – Buenos Aires

Generalmente es un proceso exotérmico y puede producir la **expansión de la estructura cristalina** (aumento de volumen) lo que favorece la hidroclastia (disgregación mecánica por aumento de volumen). Puede provocar un cambio en la solubilidad del mineral y además genera una mayor superficie expuesta que hace susceptible a la roca y minerales a otras reacciones químicas (carbonatación y oxidación)

Ejemplos: La anhidrita (sulfato) para formar yeso y viceversa a través de ciclos de hidratación - deshidratación. Los óxidos de hierro al hidratarse pasan a ser oxihidróxidos. La montmorillonita (mineral arcilloso) puede incorporar agua para estabilizar la carga eléctrica positiva generada por intercambio iónico (adsorción). Los minerales con contenido de magnesio como el olivino, son alterados por hidratación para dar lugar a la serpentina y talco. La biotita y otros minerales máficos son descompuestos en clorita. Los feldespatos, al hidratarse, dan lugar a la formación de silicatos de aluminio hidratados y sílice libre.

## CARBONATACIÓN

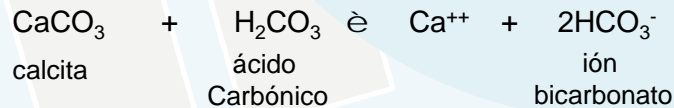
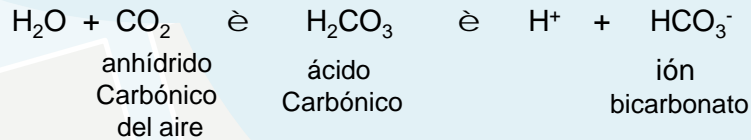


**Carbonatación:** Implica la descomposición de los minerales en ácido carbónico e iones libres, como ser el ion bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) del aire por sí mismo o disuelto en el agua y formando ácido carbónico reacciona con rocas cuyos minerales predominantes sean calcio, magnesio, sodio o potasio, dando lugar a los carbonatos y bicarbonatos de estos metales.

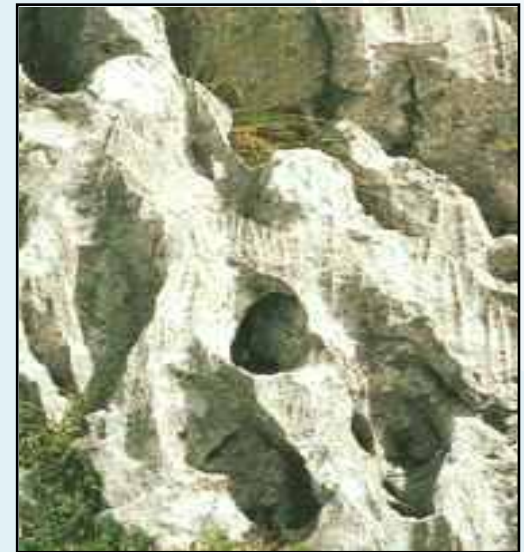
Este proceso es muy efectivo en minerales que contengan metales alcalinos, Na, K, Ca y Mg.

Como reacción secundaria, pueden producirse sulfatos y cloruros los cuales son solubles en agua y se favorece la descomposición de la superficie de otros minerales por la naturaleza ácida del medio



Ejemplo: La **Calcita**, la cual es relativamente insoluble en agua destilada, pero se disuelve rápidamente en agua superficial o subterránea, que contenga ácido carbónico débil.

La combinación de procesos de carbonatación e hidrólisis produce la meteorización de silicatos



## INTERCAMBIO IÓNICO

**Reacciones de intercambio iónico:** Bajo ciertas condiciones, la estructura cristalina de un mineral puede perder ciertos iones y reemplazarlos por otros que la hagan más estable a las condiciones de la superficie terrestre.

En general, los **iones de baja valencia** tienden a ser **reemplazados por iones de valencia más alta**, según la siguiente serie:



**VALENCIA BAJA**

**VALENCIA ALTA**

En ella los iones de la derecha usualmente reemplazan a los de la izquierda. Una de las consecuencias más comunes es que el mineral original puede adquirir **carga electrostática**, lo que a su vez provoca nuevas reacciones químicas y cambios en algunas de sus propiedades tales como la capacidad de **adsorción** de agua.



El cambio iónico, es un proceso considerable en la meteorización química (Carroll, 1970).

Esta reacción entre los iones de una disolución y los componentes minerales de las rocas.

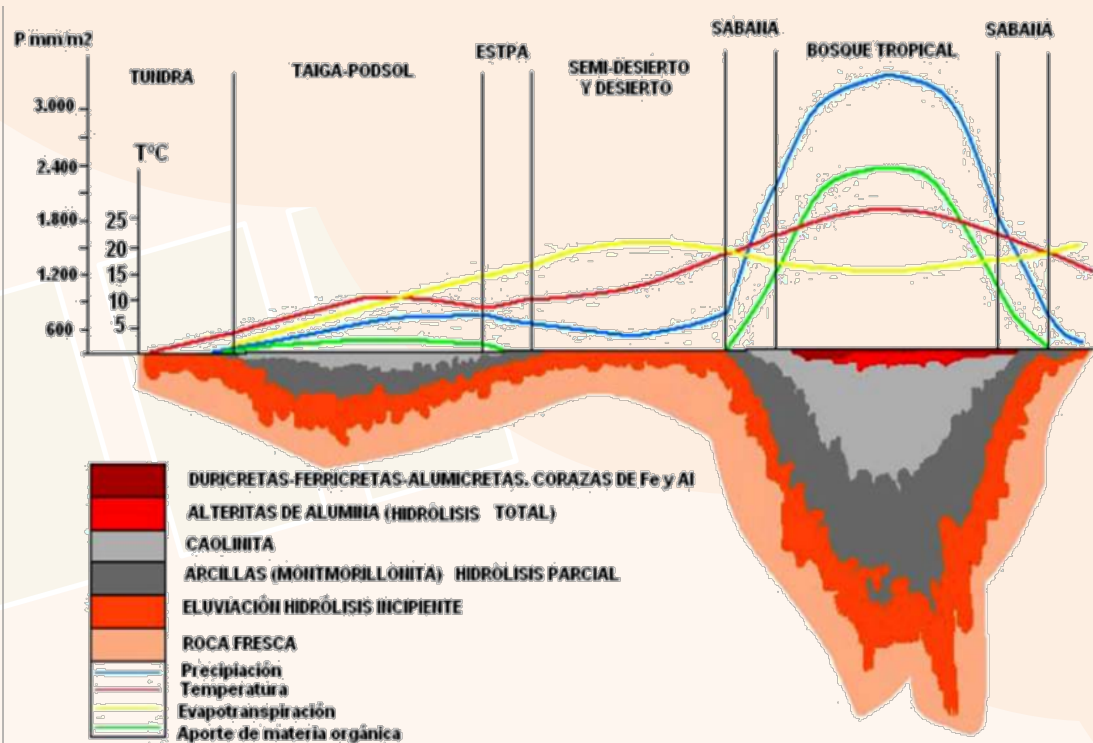


Intercambio iónico en arcillas. Dique Cabra corral - Salta

Los minerales arcillosos, son los principales responsables del intercambio iónico en la alteración de las rocas. Estos poseen carga superficial negativa y los cationes libres, se adhieren a la superficie de la partícula de arcilla para neutralizarla. Cada grupo de minerales arcillosos posee un capacidad diferente de cambio iónico y los mayores valores se alcanza para el grupo de la montmorillonita, seguida de la illita y con valores muy bajos para el grupo de la caolinita.

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Manto de alteración.** Es todo el espesor de material rocoso que se encuentra bajo el proceso de meteorización físico química. Este manto penetra bastantes metros de profundidad, debido a diversas acciones químicas, favorecidas a menudo por la disolución, transformando, al menos, una parte de los componentes minerales de la roca. Está constituido por materiales deleznable y formados por los minerales primarios de la roca y por otros nuevos, generados en el proceso. Las características de los mantos de alteración cambian marcadamente con la profundidad: En la superficie los materiales meteorizados muy asociados con materia orgánica; por debajo se encuentra roca alterada hasta llegar a la roca madre, sin alterar. Esta disposición de los materiales provoca que la porosidad vaya disminuyendo a medida que aumenta la profundidad, lo que a su vez influye en la dinámica del agua que se infiltra hasta alcanzar una zona impermeable, de porosidad muy reducida. El agua se va acumulando relleno los poros, dando lugar a una zona saturada.



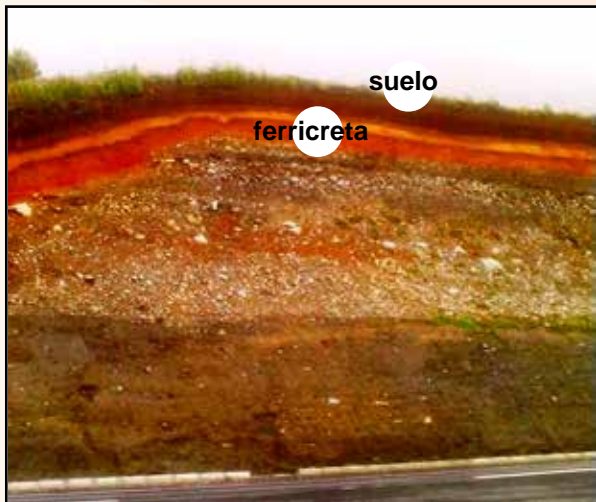
Entre la roca sin alterar y el manto de alteración, también conocido como alterita, se encuentra el **frente de meteorización**. Este límite es dinámico pues la meteorización evoluciona y se profundiza con el tiempo en función de las condiciones climáticas. La profundidad del frente de meteorización es un *balance* entre la intensidad de *meteorización* y la *erosión superficial*. Cuanto mayores son la precipitación anual y la temperatura más intensa la meteorización química. Este frente puede presentar un límite bien neto como en el granito o difuso como en las rocas calizas.

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

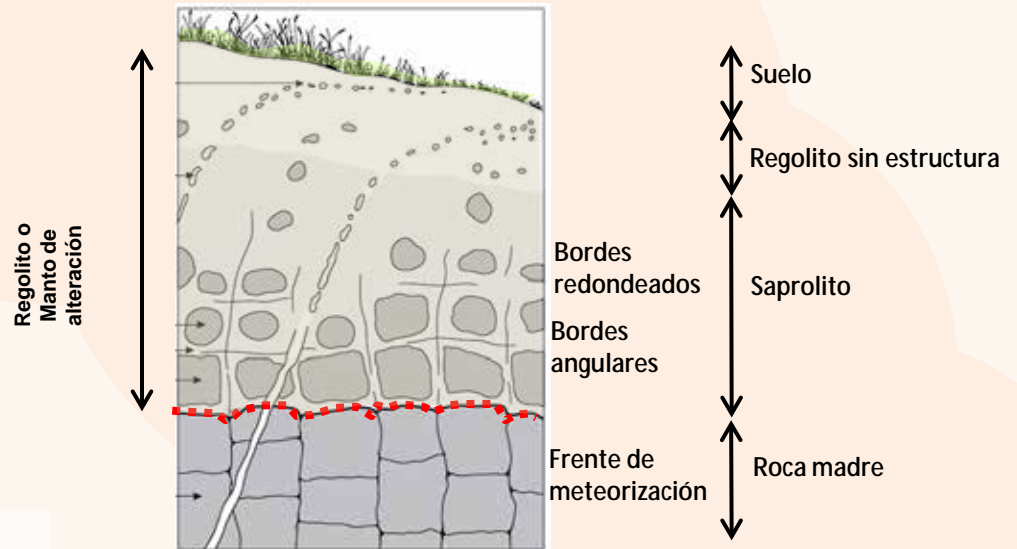
**Perfil de meteorización.** El conjunto del perfil de alteración, no está constituido por un regolito carente de estructuración, sino que pueden reconocerse un conjunto de diferenciaciones. Diferentes autores proponen zonaciones en las que pueden identificarse:

- Suelo
- Regolito sin estructura
- Regolito que conserva la estructura de la roca madre
- Regolito con bloques redondeados
- Regolito con bloques angulares
- Roca madre sin alterar

**Regolito.** Es una roca meteorizada, totalmente desagregada que yace por encima de la roca madre sin alterar. Se trata de un conjunto de materiales formado por los fragmentos de la roca original, y que ha incorporado materiales producto de aportes externos por erosión y de minerales neoformados durante el proceso (arcillas, carbonatos) y ha sufrido acción biológica. Incluye **suelo**; **aluviones** (material transportado); **duricretas** (concreciones); **material alterado "in situ"** y **saprolito** (material con diferente grado de alteración y estructuración).



Manto de alteración. Ruta 1S Santa María del Mar – Perú



## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**La meteorización geoquímica (sin interacción biológica):** Es el resultado del cambio de las condiciones de formación de las rocas formadas a mayores presiones y temperaturas y en ausencia del aire. Al ponerse en contacto con la atmósfera, se producen reacciones exotérmicas. Los productos más solubles (iones) se eliminan por disolución, los residuos menos solubles evolucionan rápidamente hacia formas cristalinas simples (óxidos libres u oxihidróxidos) o bien hacia formas minerales complejas como minerales arcillosos (minerales secundarios) que están en equilibrio más estable con las condiciones ambientales de la superficie terrestre.



**La meteorización bioquímica (con acción biológica):** la producción de formas cristalinas simples y de arcillas se ralentiza. (Duchafour, 1979)

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Saprolito.** Es la roca que ha sido meteorizada y que puede conservar parte de los materiales originales. Los materiales de esta capa no han sido perturbados por movimientos erosivos. Aún cuando esta masa está transformada por meteorización es aún posible reconocer a la roca madre. Pueden distinguirse distintos niveles de estructuración en función de su proximidad a la roca madre.

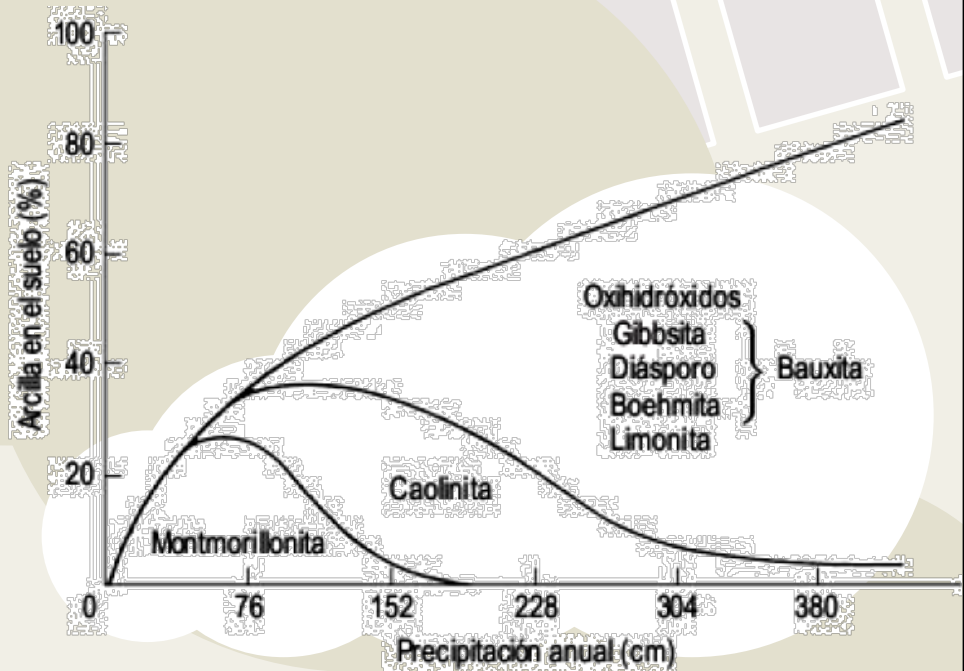
**Productos solubles: Iones.** Elementos, eliminados por aguas circulantes (infiltración, percolación o ascenso capilar) y que se moviliza como *carga en solución o en suspensión* (sales; K; Na; Mg; Fe<sup>2+</sup>). Una parte puede ser absorbida por plantas y animales como nutrientes. Otra parte puede ser reincorporada al manto de alteración como integrante de nuevos minerales (*minerales de neoformación*).

**Detritos.** Materiales sólidos, productos de la meteorización, que son eliminados por erosión y transporte mecánico

**Productos insolubles.** Compuestos que también ingresan al sistema hidrológico, como partículas en suspensión, se mantienen como coloides y reaccionan químicamente para formar masas coloidales amorfas (geles; sílice amorfa; minerales arcillosos; hematita; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

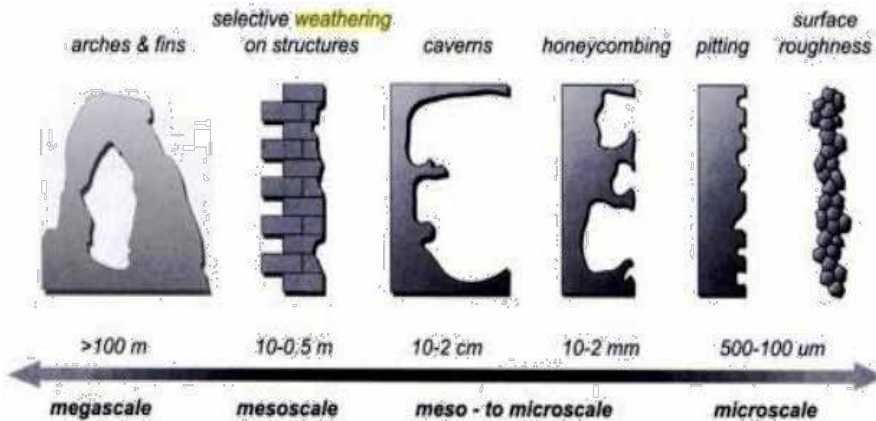
**Minerales de Neo-formación.** Fundamentalmente, minerales arcillosos, cuarzo y oxhidróxidos de hierro y aluminio. La formación de arcillas está relacionado con la presencia de agua en el ambiente. La montmorillonita (de alta capacidad de intercambio catiónico) se desarrolla para condiciones menos húmedas.

**Residuos.** Es el material remanente que permanece *in situ* una vez que la roca ha sido meteorizada y parte de sus componentes originales han sido removidos por erosión o eluviación.



## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

Pueden distinguirse diferentes escalas de morfologías asociadas a procesos de meteorización. Existe una intrincada relación entre las distintas escalas de morfologías en los que intervienen en forma simultánea o secuencial fenómenos de meteorización físico química y erosión. Aquí se destacan algunas de ellas en las que la meteorización química tiene un papel relevante, aunque su origen sea poligenético.



Escalas de morfología de meteorización - Viles and Moses 1998

### MACROMORFOLOGÍAS

- Acantilados y pilares
- Pilares en forma de hongo
- Cuevas, cavernas (tafoni; dolinas; poljes)
- Pozos de meteorización (gnammas; pilacones; dolinas)

### MESOMORFOLOGÍAS

- Canales de drenaje (lapiaces, seudolapiaces)
- Cuevas, cavernas (Tafonis; dolinas)
- Pozos de meteorización
- Paneles o alveolos
- Agrietamientos poligonales
- Encostramientos o duricretas

### MICROMORFOLOGÍAS

- Microcanales de drenaje
- Microagrietamientos poligonales
- Pátinas o películas (Efloraciones salinas, rubefacción, anillos de liesegang)



## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Acantilados y pilares.** Representan exposiciones del lecho de roca escarpadas, especialmente a lo largo de los valles o en la periferia de las mesetas (Robinson & Williams, 1994). Se asocian principalmente con la cementación de areniscas grano fino y otras rocas cementadas. Asociada a la erosión basal y meteorización química diferencial.



Pilares en forma de hongo. Quebrada de la conchas - Salta

Están originados a partir de grandes masas rocosas, controladas estructuralmente por un intenso sistema de fracturas internas ortogonales. Tras la fracturación de la roca la meteorización afecta prioritariamente a vértices, aristas y caras, generando formas redondeadas.

Un caso particular está representado por las pilares en forma de hongo. Que sometidos a meteorización subsuperficial por ascenso y descenso capilar del agua y meteorización salina, luego puede ser exhumada por procesos erosivos (eólicos) con descalce basal.



Morfología de acantilados. Dique Cabra corral - Salta

**Bloques aislados (pilares; rocas de pedestal).** Son monolitos rocosos de uno o varios metros de diámetro, con formas redondeadas o cúbicas. Suelen encontrarse alejados de otras formaciones rocosas y presentar fracturación superficial.



Pilar. Parque Provincial Ischigualasto - San Juan

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Microcanales de drenaje del lecho rocoso (estrías o canalones).** Se desarrollan frecuentemente en calizas, dolomitas y otros tipos de rocas solubles. También en basálticas, graníticas y areniscas como resultado de escurrimiento laminar o los flujos canalizados (formando, lapiaces; pseudolapiaces) La formación de estas estructuras se debe principalmente a la disolución; procesos cársticos pseudo y bio-cársticos; ciclos de humedecimiento y secado sobre irregularidades superficiales (Crowther 1997; Dunkerley 1979). También debido a disgregación granular y abrasión de las partículas que transportan.



Microcanales de drenaje. Sierra de los Padres Mar del Plata - Buenos Aires



Tafoni. Puerto Varas - Chile

Su origen se atribuye a la meteorización química diferencial (hidrólisis; hidratación; migración de agua meteórica a través megaporos, disolución y precipitación de calcáreos y minerales salinos), meteorización física (desintegración granular, haloclastia y descamación) y erosión eólica (deflación)

**Tafonis (cavernas, cuevas o refugios rocosos).** Formas relativamente grandes (de varios metros de diámetro) cavernosas, entradas en forma de arco, paredes interiores cóncavas, pisos cubiertos de detritos y/o efloraciones salinas (McBride y Picard 2004).

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Pozos o cuencas de meteorización.** Son relativamente circulares u ovals. Se trata de depresiones del lecho rocoso que van desde unos pocos centímetros a varios metros de diámetro y profundidad, con diferentes secciones transversales. Otros autores las designan como **gnammas**; **pilacones** y **baches**. Las Cuencas de roca pueden contener agua estancada de corta duración después de la lluvia o de varias semanas o meses durante los períodos húmedos. Son típicas en granito y areniscas. Su origen es poligenético. Los procesos incluyen la meteorización geoquímica (disolución, hidrólisis); bioquímica (costras y biopelículas) y erosión eólica (deflación)



Gnammas de pared. Parque Nacional Talampaya – La Rioja



Panales. Parque Nacional Talampaya – La Rioja

**Panales:** Son los más pequeños de los tipos de meteorización cavernosos (sólo unas decenas de centímetros de diámetro). Consisten en fosas poco espaciadas limitadas por las paredes finas (McBride y Picard 2004). También conocidas como encajes de piedra o alvéolos. Se atribuye su formación a la meteorización química diferencial (concreciones calcáreas; soluciones y cristalización de sales); meteorización física (descamación; crioclastia) y erosión eólica.

Concavidades de distinta escala se desarrollan debido a factores como la presencia de minerales sensibles a la meteorización química (micas, feldespatos, etc.), que generan puntos de debilidad, la presencia de sales como NaCl, cuya actividad (haloclastismo) permite el rápido desarrollo de microfracturas y entrantes en las paredes, así como los ciclos de humectación y secado, que disgregan el material

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

### Agrietamiento poligonal (hieroglifo, craquelado poligonal).

Es una morfología poligonal superficial que se da tanto en superficies verticales, inclinadas como horizontales. Sus dimensiones oscilan entre unos pocos centímetros y varios decímetros. Se barajan varias hipótesis para explicar su origen: Existencia de planos de cizallamiento, sobre los cuales progresa la alteración - Meteorización y erosión sobre grandes bloques - Meteorización diferencial bajo una cobertera edáfica - Disolución - Procesos de hidratación deshidratación, congelamiento - descongelamiento. Tras la formación de un patrón poligonal inicial, habitualmente de origen microestructural, se produce la meteorización de la roca siguiendo las fracturas superficiales.



Agrietamiento poligonal en arenas. Salinas grandes - Jujuy



Hieroglifos. Sierra de los Padres Mar del Plata - Buenos Aires

Un caso especial de esta micromorfología, la constituyen la **teselación** o el **craqueo piel de cocodrilo**). Consisten principalmente en grietas pentagonales o hexagonales en 120 ° ángulos donde hacen cruces tri-radiales en superficie de la roca (Robinson & Williams 1989). Los diámetros de grietas poligonales pueden variar de 5 cm a más de 50 cm y en algunos casos se ha observado craqueo micropoligonal dentro de las placas más grandes. Es un fenómeno muy común en rocas cementadas asociadas con regiones con patrones de precipitación estacional. Algunos de los mecanismos causales incluyen la contracción de gel de sílice debido cambios de las condiciones térmicas y/o de humedad en la superficie de la roca. Precipitaciones de soluciones salinas, o calcáreas.

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Encostramientos (duricretas).** Se trata de una costra mineral dura, formada en la superficie o a poca profundidad, en regiones semiáridas debido a procesos de evaporación del agua subsuperficial; capilaridad y disolución. Son comúnmente más duros que los materiales en el que ocurren y más resistentes a la erosión.



**Ferricreta. Ruta 1S Santa María del Mar – Perú**

Los encostramientos, son acumulaciones, con un espesor entre varios mm a varios cm. Se produce en agrietamientos, límites de bloques o en el techo de cuevas y abrigos. Las anisotropías de la roca, genera formas caprichosas (tabiques, láminas, esferas, etc). Las soluciones se encuentran en la matriz de la roca y son desplazados hacia las zonas superficiales por la acción capilar del agua de lluvia, donde se acumulan y originan costras, que protegen el material subyacente, otorgándole mayor resistencia a la erosión. Su acumulación está motivada tanto por factores tanto abióticos (reducción del hierro en condiciones anaerobias) como bióticos (acción bacteriana).

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

Los tipos principales de encostramientos (**duricretas**) son **ferricreta** (rico en hierro), **calcreta** (rico en carbonato de calcio), **silcreta** (rico en sílice), **alcreta** (rico en aluminio), **gypcreta** (rica en yeso), **magnecreta** (rico en magnesita), y **manganocreta** (rico en de manganeso). Ferricretas y alcretas y silcretas ocurren en ambientes tropicales húmedos a subhúmedo, con alcretas en las zonas más secas de tales regiones. Calcretas se manifiestan en áreas con precipitación entre de 200 a 600 mm/año. Gypcretas se producen en regiones muy áridas. Se forman por cristales de yeso crecientes en sedimentos clásticos. Un caso especial, lo constituyen las **capas duras** (hardpans), que son encostramientos que no se hallan específicamente enriquecidos en un mineral.



Capas duras en clastos – Puerto Varas - Chile



Costra salina en granos de arena. Necochea – Buenos Aires

## PRODUCTOS DE LA METEORIZACIÓN QUÍMICA

**Pátinas (películas o microcostras).**

**Rubefacción:** es la coloración rojiza de la superficie de algunas rocas, debida a la cristalización de óxidos de hierro (sobre todo hematites) liberados por disolución y oxidación



Bandas de Liesegang en areniscas. Ribera del Río Paraná – Ciudad de Corrientes



Rubefacción en areniscas. Parque Nacional Talampaya – La Rioja

Un caso peculiar de la micromorfología de la meteorización química son los **anillos o bandas de Liesegang**, fenómeno que se produce en numerosas reacciones de precipitación química con distintos niveles de concentración de óxidos de hierro. Son comunes en rocas sedimentarias porosas o permeables

**Efloraciones salinas.** En función del grado de permeabilidad o porosidad de la roca los procesos de ascensión capilar pueden ser importantes y dar lugar a la acumulación de cristales de sal que originan eflorcencias salinas (Cooke et al, 1982). Las sales también pueden provenir de procesos de erosión hídrica o eólica, gases volcánicos, aerosoles marinos.



Efloraciones salinas. Salinas grandes - Jujuy

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Adams, Simon, Lambert, David (2006). *"Earth Science: An Illustrated Guide to Science"*. The Franklin Institute. Chelsea House. New York. USA. 209 pp.
2. Alice V. Turkington, Jonathan D. Phillips, Sean W. Campbell, S. Campbell (2005). *"Weathering and Landscape Evolution: Proceedings of the 35th Binghamton Symposium in Geomorphology"*. Gulf Professional Publishing. 272 pp.
3. Allaby, Michael (2008). *"A Dictionary of Earth Science"*. Third Edition. Oxford Edition. New York. 663 pp.
4. Britannica Illustrated Science Library (2008). *"Rocks and minerals"*. Encyclopædia Britannica, Inc. London. 56 pp.
5. Conti, M. (2000) *"Principios de Edafología con énfasis en suelos argentinos"*. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. Argentina.
6. Derruau, Max (1991). *"Geomorfología"*. Ariel. Barcelona. 499 pp.
7. Fossen, Haakon (2010). *"Structural Geology"*. Cambridge University Press. Cambridge. 481 pp.
8. Gutierrez Elorza, M. (2008) *"Geomorfología"*. Pearson Educación. Madrid, España
9. Huggett, R. J. (2008). *"Fundamentals of Geomorphology"*. Second Edition. Routledge Fundamentals of Physical Geography. Routledge. Taylor & Francis Group. Oxon - New York. 483 pp.
10. Kirsten von Elverfeldt (2012). *"System Theory in Geomorphology. Challenges, Epistemological, Consequences and practical implications"* Springer Science + Business Media Dordrecht. Viena, 147 pp..
11. Marshak, S. (2013). *"Essentials of Geology"* Fourth Edition. University of Illinois. W.W.Norton & Company, Inc. 650 pp.
12. McGraw-Hill (2003). *"Dictionary of Earth Science"*. Second Edition. McGraw-Hill. New York. 479 pp.
13. Robinson, E (1990) *"Geología Física Básica"*. LIMUSA. 355 pp.
14. Strahler, A. (1995). *"Geografía Física"*. Omega. Barcelona. 550 pp.
15. Strahler, A. (1992). *"Geología Física"*. Omega. Barcelona. 650 pp.
16. Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005). *"Ciencias de la Tierra. Introducción a la geología física"*. 8º Edición. Pearson Educación S.A. Madrid. 736 pp.
17. Wilson, Richard J. (2010). *"Minerals and Rocks"* . Ventus Publishing ApS. Bookboon.com. Pag.163



## WEB CONSULTADAS

<http://www.iugs.org/>

<http://langolodellageologia.blogspot.it/2012/02/how-does-bgs-classify-landslides.html>

<https://www.facebook.com/groups/gemorfolgiaparatodos/>

<http://www.nasa.gov/audience/foreducators/topnav/materials/listbytype/Planetary.Geology.html>

<http://www.asagai.org.ar/>

<http://geology.com/news/>

<https://www.facebook.com/Geoscience.Union?ref=profile>

<https://www.facebook.com/servidorGeologicoCR?ref=profile>

<http://www.insivumeh.gob.gt/index.html>

<http://www.elsevier.com/locate/jnlr>

[http://www.researchgate.net/publication/276161806\\_Morfologas\\_de\\_meteorizacin\\_en\\_areniscas\\_del\\_Parque\\_Natural\\_de\\_Los\\_Acornocales\\_\(prov.\\_de\\_Cdiz\)](http://www.researchgate.net/publication/276161806_Morfologas_de_meteorizacin_en_areniscas_del_Parque_Natural_de_Los_Acornocales_(prov._de_Cdiz))

<http://www.koedoe.co.za/index.php/koedoe/article/view/985/1188#18>