

Desafío No metálicos – o recursos industriales en Atacama

Dr. Wolfgang Griem

Director Departamento de Geología
de la Universidad de Atacama, Chile

wolfgang.griem@uda.cl

3/2015

Contenido

- Introducción
- Historia
- Tipos de recursos no metálicos / rec. Industriales - Ejemplos
- Desafíos



Clasificación de los recursos

| metales | no-metálicos | | |
|-------------------------------------|---|--|---|
| | uso general - industriales | energéticos | hídricos |
| oro, cobre, hierro, aluminio | la sal, baritina, diamante, áridos, diatomíta, liparita... | hulla, lignito, antracita, turba, petróleo, gas natural, metanos... | agua subterránea, aguas industriales, agua termal, agua mineral... |

www.geovirtual.2cl

Magnitud de la minería (mundial)

| sustancia | en % | en porcentos por arena y gravas |
|---------------------------------|---------------|--|
| arenas y gravas | 60 % | 100 % |
| hulla, antracita, carbón | 10,8 % | 18 % |
| petróleo | 9,6 % | 16 % |
| hierro | 3 % | 5 % |
| lignito | 2,7 % | 4,5 % |
| sal | 0,5 % | 0,9 % |
| fosfatos en rocas | 0,4 % | 0,7 % |
| turba | 0,4 % | 0,7 % |
| bauxita | 0,3 % | 0,6 % |
| cobre | 0,03 % | 0,05 % |

Historia

- Chile: Salitre



Historia del salitre:

- Probable explotación de Incas y
- 1808: Oficial descubrimiento del
- 1821: dan conocimiento del salit
- 1830: Exportaciones 830 t
- 1840: Justo Liebig sobre nitratos
- 1840: exportaciones: 10.000 t
- 1850: 23.000
- 1860: 63.000
- 1870: 135.000
- 1871: Primer ferrocarril del salitr

Caliche – Salitre

- Solo en sectores áridos
- alto grado en oxidación
- meteorización en el desierto

- Chile, natural en rocas
- Destilación de hulla
- Proceso Haber / Bosch (Atmósfera)

Minerales:

+ Nitronatrita: NaNO_3

+ Halita: NaCl Conjunto = Caliche

adicional:

Tarapacaita: $\text{K}_2(\text{CrO}_4)$

Yodo

Ulexita: $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6] \text{H}_2\text{O}$ Boratos

Colemanita: $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3] \text{H}_2\text{O}$

Yeso, Anhidrita

Salitre



Afloramiento: Desierto Atacama:

Franja de 720 km y entre 16-80 km ancho

300m - 900 m de altura

espesor entre 10 cm – 10 metros; sobrecarga hasta 12,5 m

Gravas con cemento de caliche;

25% Nitrato de sodio

3% Nitrato de potasio

Génesis: (“NO₂”)

- transporte del N por agua subterránea y evaporación
- actividad volcánica
- actividad de seres vivos (guano de aves lixiviado)
- fijación bacteriana del N
- origen de la atmósfera
- descargas eléctricas

Uso:

Fertilizante: 85%

Explosivos: +/- 9%

No metálicos (1)

| Depósito | Minerales, Ambiente | Uso | Ubicación |
|----------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Sales | Halita (NaCl) | Alimentación, industria química | Alemania, Chile, Polonia EE.UU. |
| Fosfatos | Apatita: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ | Fertilizantes | EE.UU. |
| Potasio | Silvita (KCl) | Fertilizantes, ind. química | EE.UU., Europa |
| Diamantes | Diamantes (C) | joyas, abrasivos industriales | África del sur |
| Yeso | Yeso , Anhidrita | Construcción | Todo el mundo |
| Calizas | Calcita : CaCO_3 | Construcción | Todo el mundo |
| Arcillas | Caolinita | Cerámica, ind. electrónica | Todo el mundo |
| Diatomita | Fósiles | ind. química | Europa, EE.UU. |
| Ignimbrita | Rocas volcánicas | construcción, filtros | Italia, Chile |

| Nombre | Prod.mundial (Ton.metr./año) | Uso |
|---------------------------------|---|--|
| Áridos Arena, gravas | 20.000 millones | obras civiles, rellenos, drenaje, estabilizados |
| Arcillas | | artesanía, filtros, cerámica, ind. electrónica |
| Asbestos | 3,5 millón | Cemento de asbesto, frenos, telas resistentes contra el fuego, plásticos para pisos. A partir de los año ochenta se trató evitar el uso por problemas de la salud (asbestosis) |
| Baritina | 5,4 millón | fluidos de perforaciones, vidrios, pintura, goma, marcador para rayos x, cementos contra radiación, papel especial |
| Calcita | 800millón= EE.UU. | construcción, Cal, cementos, papel, pinturas, pegamentos, gomas, remedios, |
| Caolín | 25 millón | papeles, cerámica, pinturas de agua, plásticos, fibra óptica, |
| Corindón | | Abrasivos, papel de lija |
| Cuarzo | | vidrio, fundente, Si |
| Diamante | | joyas, perforaciones, cortadoras |
| Diatomita | 1,6 millón | filtros, pinturas, explosivos, para secar, politura, |
| Feldespatos | 5,0 millón | vidrios, cerámica, |
| fosfatos | | fertilizante |
| Grafito | | industria electrónica, lápices |

| Nombre | Producción mundial (Ton.metr./año) | Uso |
|---|---|---|
| Guano | | fertilizante |
| Hulla, carbón | | recurso energético |
| Liparita, Ignimbrita | - | aislamiento, ruido, térmico, filtros |
| Micas | | cementos, muros, pigmento de pintura, plásticos, perforaciones, reemplazante de asbesto |
| Ornamentales | | fachadas, pisos etc. Sientita, granitos, mármoles |
| Petróleo | | recurso energético, plásticos |
| pizarras, esquistos | | construcción, techos, pisos, |
| Sal | | diferentes productos NaCl, KCl etc: alimentos, cueros, industria química |
| Salitre y yodo | | fertilizantes, medicina |
| Turba | | recurso energético, agricultura |
| Wolastonita | 365.000 | cerámica, reemplazo de asbesto |
| Yeso | 100 millón | muros (volcánica), cementos, agricultura, tiza |
| Zeolitas | 1 millón | "acuacultura" como filtro, agricultura, residíos nucleares, detergentes, catalíticos |

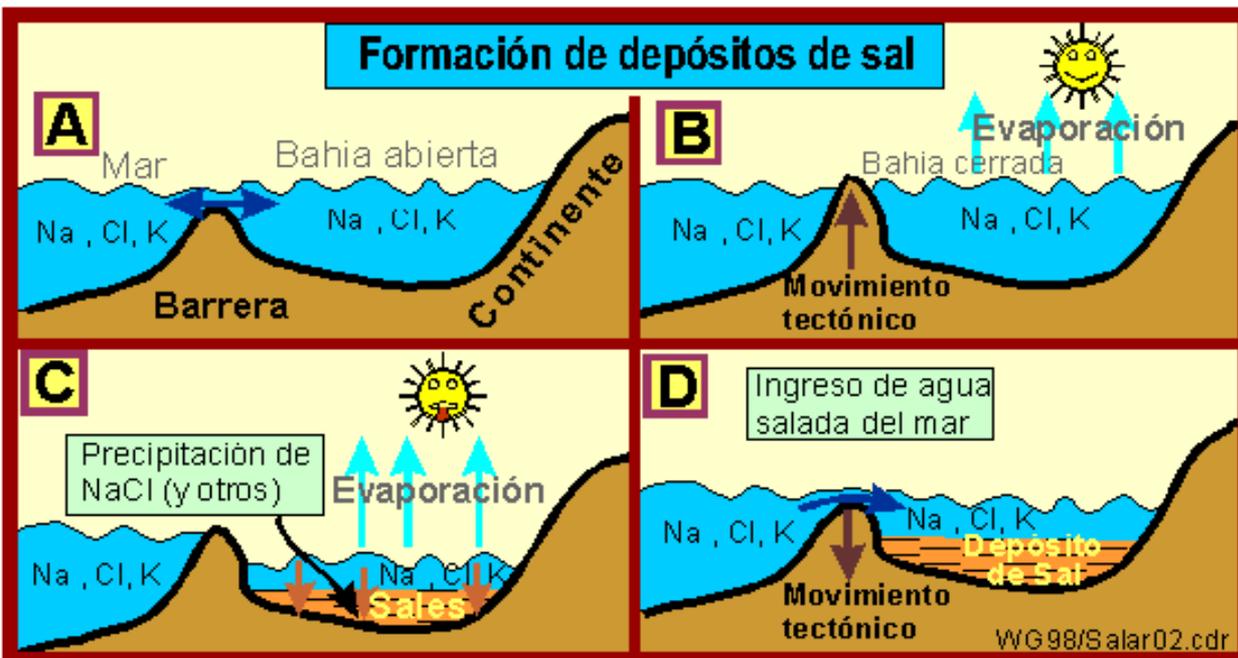
Chile

- Salitre
- Yodo
- Sal - Halita
- Potasio (K)
- Boratos
- Carbonatos
- Yeso
- Áridos
- Ignimbritas
- Baritina
- Azufre
- Tierras raras
- Feldespatos

Clasificación

| Masivos – “frecuentes” | Trazas – “nobles” |
|------------------------|---------------------------|
| Áridos, Sal | Diamante, granate |
| Calidad | Exploración |
| Cantidad | Purificación, tratamiento |
| Homogeneidad | Tecnologías modernas |
| Ubicación | |

Halita - Sal



Ochsenius

Formula: NaCl , y más

Persona: 4,7 kg/ sal año

Alimentos, industria quimice

Smart mining

Depósito - Bodega



WG02

Salar



Acumulación de diferentes sales
Li, boratos, Mg, . . .

Desventajas

- Problemas ambientales
- Heterogéneo
- Altura



Minerales relacionados a depósitos de sal

calcita CaCO_3

dolomita $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$

soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$,

trona $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times \text{NaHCO}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$

halita NaCl

salitre sódico NaNO_3 / Nitronatrita / terrestre

salitre potásico KNO_3 / terrestre

yeso $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$

anhidrita CaSO_4

sal de Glauber $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$

thenardita Na_2SO_4

epsomita $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

kernita $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 4\text{H}_2\text{O}$

bórax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ / terrestre

colemanita $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \times \text{H}_2\text{O}$ / terrestre

ulexita $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \times 8\text{H}_2\text{O}$ / terrestre

Bischofita: $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$

Carnalita: $\text{KMgCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ // + Bromio, rubidio, Talio

Kieserita: $\text{Mg}[\text{SO}_4] \times \text{H}_2\text{O}$



Azufre "S"

- Vulcanización
- Plásticos
- Fertilizantes
- Norte de Chile frecuente
- Amenaza: Descontaminación



Baritina (BaSO₄)



- BaSO₄
- Uso: Papel, perforación, medicinas
- Peso Esp. 4,2 – 4,4 gr/cm³
- Problema calidad en Atacama
- Hasta 2001 producción en Atacama

Baritina



Pirofilita

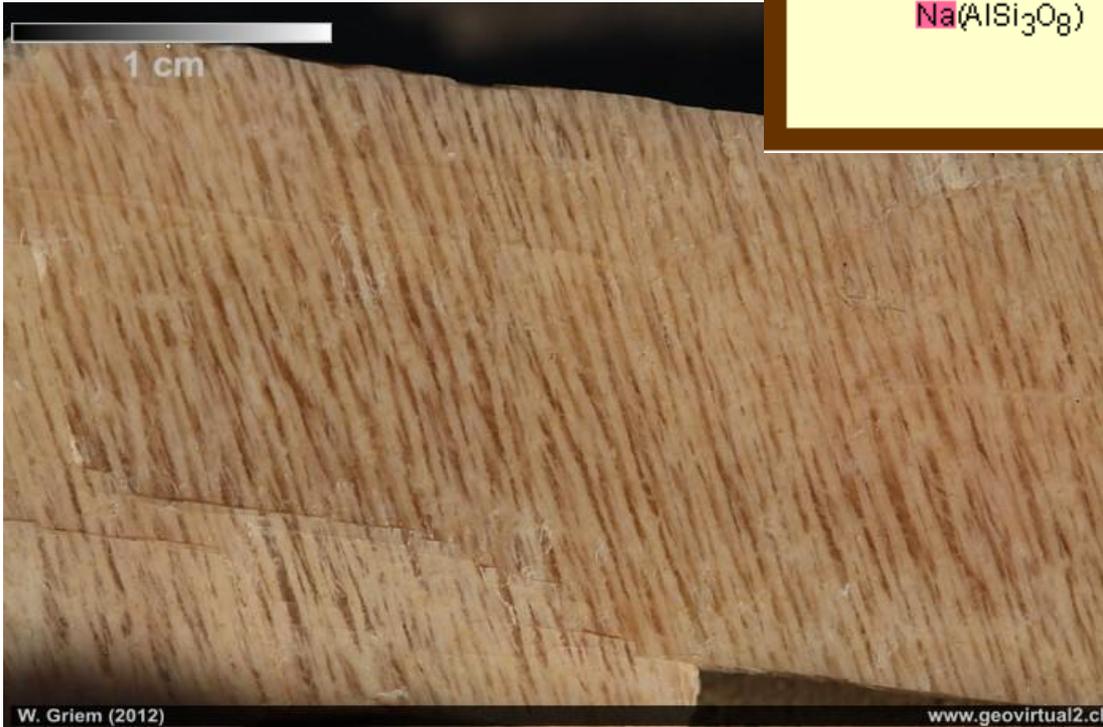
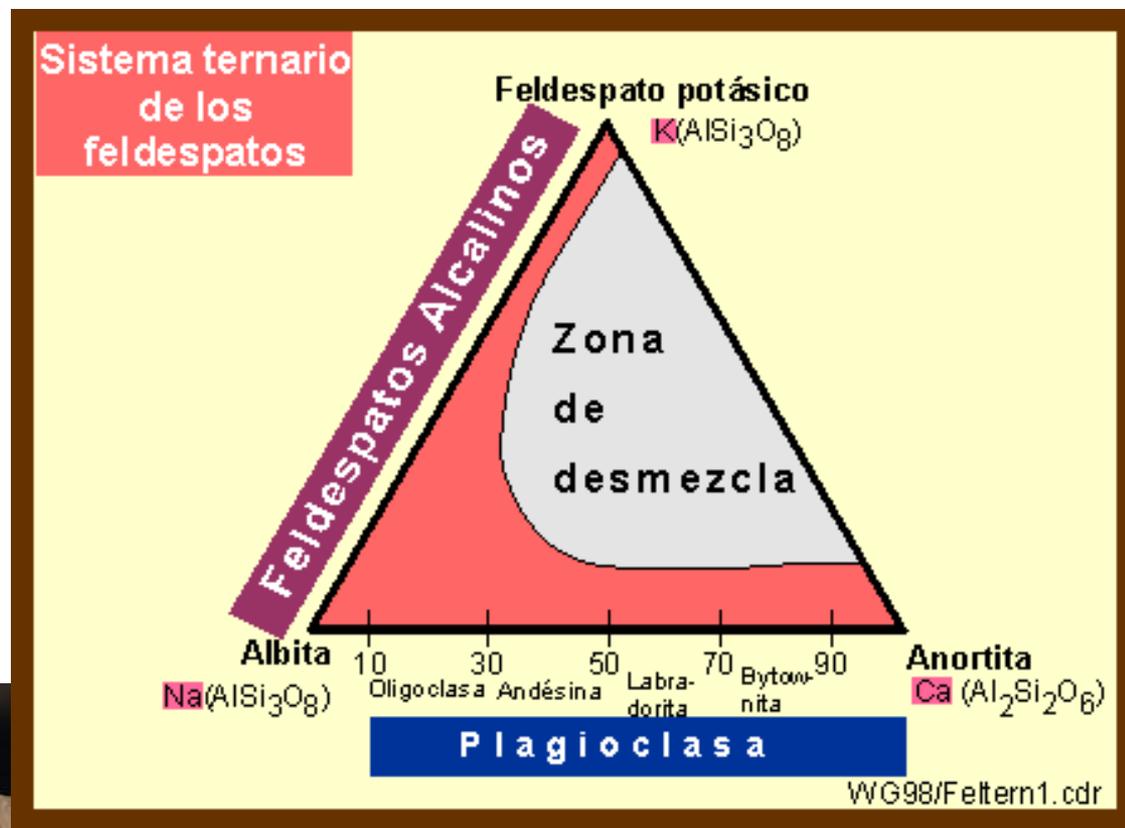
- En conjunto con depósitos Fe
- $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
- Filosilicato
- Lubricante seco, aislamiento, resistencia fuego



Feldespatos



- Albita
- Fsp. Postásico
- Vidrio
- REE



Feldespatos



Tobas volcánicas – ignimbritas - liparitas

- Origen volcánico
- Porosidad
- Frecuente

Precauciones

- Costos del transporte
- Contaminante



Uso - Liparita

Filtros

Aislamiento ruido

Aislamiento calor

Procesos de lavado industrial

30% porosidad - Liparita

Áridos

- Arena, gravas
- Construcción
- Cuarzo

Desventajas:

Clima árido de Atacama

Mala calidad de gravas

Transporte corto de las partículas

Ventajas:

Alto costo de transporte

Aumento de la construcción



Datos Chile - Atacama

Producción en (t)

| | | | | | | Atacama 2008 | | Prinz. Productor |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------|---------------------|
| | 1989 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | tot | % | |
| Apatita | 14.354 | 12.164 | 12.474 | 10.311 | 21.306 | 0 | 0 | II, IV |
| Arcillas | 20.100 | 28.725 | 23.387 | 104.755 | 146.745 | 0 | 0 | VI, VII |
| Azufre fino | 15.963 | | - | - | - | | | |
| Baritina | 59.873 | 3.080 | 1.026 | 91 | 77* | 0 | 0 | III, V |
| Bentonita | 2.005 | 684 | 1.314 | - | 533 | | 0,0 | I |
| Caolín | 58.512 | 10.845 | 6.445 | 15.183 | 63.526 | 0 | 0 | VI, IV, RM |
| Carbonato de Calcio | 3.745.726 | 5.912.235 | 5.395.215 | 6.782.686 | 7.295.462 | 712.085 | 9,7 | RM, II-VI, XII |
| Carbonato de Litio | 7.508 | 12.943 | 35.869 | 43.595 | 52.519 | | 0,0 | II |
| Cloruro de sodio | 903.932 | 3.494.451 | 5.082.911 | 6.067.583 | 6.431.029 | | 0,0 | I |
| Cuarzo | 477.497 | 597.056 | 575.957 | 588.992 | 535.771 | 102.262 | 19,0 | II, III, VI |
| Diatomita | 3.315 | 11.451 | 13.384 | 16.418 | 25.497 | | 0,0 | I |
| Dolomita | | 4.631 | 12.506 | 24.903 | 14.263 | 14.263 | 100,0 | III |
| Feldespato | 8.081 | 7.293 | 2.311 | 5.820 | 17.834 | 0 | 0,0 | V |

| Producción en (t) | | | | | | Atacama 2008 | | Prinz. Producto r |
|----------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|------------------|--------------|-------------------------|
| | 1989 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 | tot | % | |
| Fosforita | | | 6.050 | 10.052 | 16.988 | 16.988 | 100,0 | III |
| Guano | 3.127 | | - | - | 2.892 | | | |
| Lapislázuli | | 190 | - | 43 | 5 | | | |
| Mármol | 1.115 | 5.908 | 812 | 31 | 187 | 187 | 100,0 | III |
| Nitratos | | | 988.410 | 1.282.815 | 1.157.582 | | 0,0 | II |
| Oxido de hierro (1000ton) | 8.760 | 8431 | 8.728 | 7.862 | 9.315.580 | 7.595.871 | 81,5 | |
| Puzolana | 299.834 | 465.794 | 829.563 | | | | 0,0 | RM, otros |
| Sulfato de sodio | 10.245 | 2.488 | 56.501 | 15.730 | 128 | | 0,0 | II |
| Talco | 835 | 4.107 | 2.421 | 886 | 961 | 0 | 0,0 | IV, V, VII |
| Ulexita | 130.512 | 211.312 | 337.966 | | | | 0,0 | I, II |
| Wollastonita | | 503 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Yeso | 277.276 | 464.060 | 375.847 | 660.753 | 773.794 | | 0,0 | IV, RM |
| Yodo | 845 | 1.644 | 10.474 | 15.346 | 15.503 | | 0,0 | I, II |

Fuentes:

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Anuario de la Minería de Chile 2001 / 2010

Anuario de la Minería de Chile 1996

Anuario de la Minería de Chile 1990

Estado actual - resumen

- Actualmente existe una **Predominancia de prospección a Cu, Au, Ag, Fe en Atacama.**
- Infraestructura minera para Cu, Au, Ag, Fe
- Conocimientos



No metálicos – industriales – no tradicionales: Tareas

- Aumentar conocimiento en geología regional
- Prospección diferenciada
- Implementación de metodologías analíticas diferentes
- Habilitar infraestructura minera
- Incentivar inversiones en rubros nuevos con riesgos más altos
- Incentivar sector productivo – industrias



Beneficios

- Diversificación en un rubro conocido.
- Amplificación de conocimientos sobre la Región
- Disminución de la ciclicidad del Cu / Fe / Ag
- Formación de industrias, procesos de elaboración

