



Experiencia en Exploración y estimación de Recursos, Proyecto Biolantánidos



20 de Abril de 2017

Seminario "Mejores Prácticas en Exploración y
estimación de recursos Mineros y reservas minerales

Descubrimiento, exploración y desarrollo de un proyecto de TTRR en Chile



1. Importancia Estratégica y Mercado de las TTRR:

1. Que son las Tierras Raras
2. Sus aplicaciones
3. Producción Mundial
4. Precios (El evento Chino/Japón)
5. Exploración en el Mundo (Corrida por spike de precios)
6. Situación Actual

2. Exploración de TTRR en Chile

1. Los IOCG
2. Modelo Geológico de ocurrencias
3. El Descubrimiento
4. Historia de Biolantánidos
5. Muestreo superficial y análisis
6. Sondajes (Sondajes sónicos)
7. Recursos
8. Metalurgia: Concentración / Separación

1. Qué son las Tierras Raras?

- Los Lantánidos son un grupo de metales, con número atómico desde el 57 al 71. Dentro de este grupo además se suele incluir los elementos Lantano (que da el nombre al grupo), Escandio e Itrio
- Estos elementos son denominados "**Tierras Raras**" (**REE**) debido a que se encuentran en forma de óxidos y son (eran) muy escasos para ser explotados económicamente cuando se acu...

hydrogen 1 H 1.0079	lithium 3 Li 6.941	beryllium 4 Be 9.0122															helium 2 He 4.0026
sodium 11 Na 22.990	magnesium 12 Mg 24.305																neon 10 Ne 20.180
potassium 19 K 39.098	calcium 20 Ca 40.078																
rubidium 37 Rb 85.468	strontium 38 Sr 87.62																
caesium 55 Cs 132.91	barium 56 Ba 137.33																
francium 87 Fr [223]	radium 88 Ra [226]																
scandium 21 Sc 44.966	titanium 22 Ti 47.867	vanadium 23 V 50.942	chromium 24 Cr 51.996	manganese 25 Mn 54.938	iron 26 Fe 55.845	cobalt 27 Co 58.933	nickel 28 Ni 58.693	copper 29 Cu 63.546	zinc 30 Zn 65.39	boron 5 B 10.811	carbon 6 C 12.011	nitrogen 7 N 14.007	oxygen 8 O 15.999	fluorine 9 F 18.998	neon 10 Ne 20.180	helium 2 He 4.0026	
yttrium 39 Y 88.906	zirconium 40 Zr 91.224	niobium 41 Nb 92.906	molybdenum 42 Mo 95.94	technetium 43 Tc [98]	ruthenium 44 Ru 101.07	rhodium 45 Rh 102.91	palladium 46 Pd 106.42	silver 47 Ag 107.87	cadmium 48 Cd 112.41	gallium 31 Ga 69.723	germanium 32 Ge 72.61	arsenic 33 As 74.922	sulfur 16 S 32.065	chlorine 17 Cl 35.453	argon 18 Ar 39.948		
lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	euroopium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	yterbium 70 Yb 173.04				
lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	euroopium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	yterbium 70 Yb 173.04				
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	bcurium 97 Bk [247]	dycurium 98 Cf [251]	escurium 99 Es [252]	fmcurium 100 Fm [257]	mdcurium 101 Md [258]	no curium 102 No [259]				

* Lanthanide series

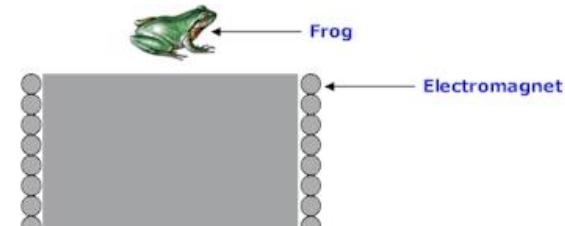
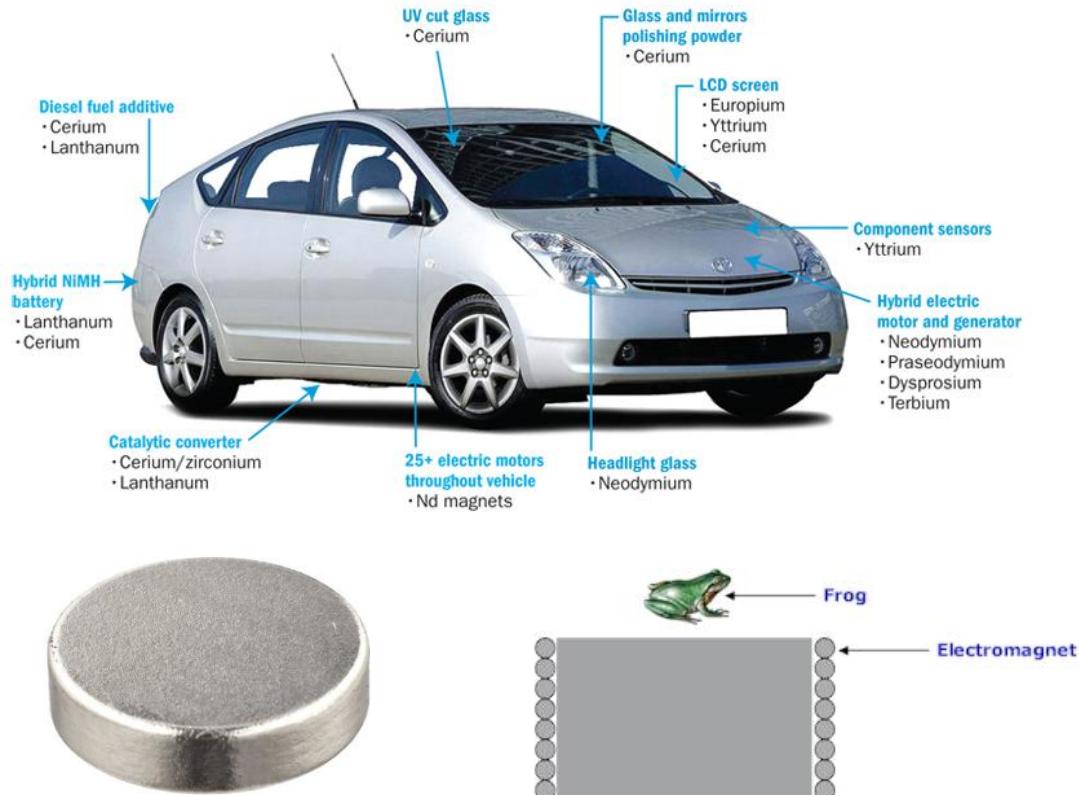
lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	euroopium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	yterbium 70 Yb 173.04
--	-------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	--	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

** Actinide series

actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	bcurium 97 Bk [247]	dycurium 98 Cf [251]	escurium 99 Es [252]	fmcurium 100 Fm [257]	mdcurium 101 Md [258]	no curium 102 No [259]
--------------------------------------	--------------------------------------	---	-------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--

2. Sus Aplicaciones: Uso de las Tierras Raras (REE)

- Tienen propiedades electrónicas, magnéticas, catalíticas y ópticas únicas
- Se pueden dividir en “**facilitadores en procesos tecnológicos**” (catalizadores en procesos químicos, convertidores catalíticos, polvos de pulir, etc.), y en “**constituyentes de productos tecnológicos**” (almacenamiento de energía, magnetos, pantallas LCD, láser, etc.).



2. Sus Aplicaciones: Uso de las Tierras Raras (REE)

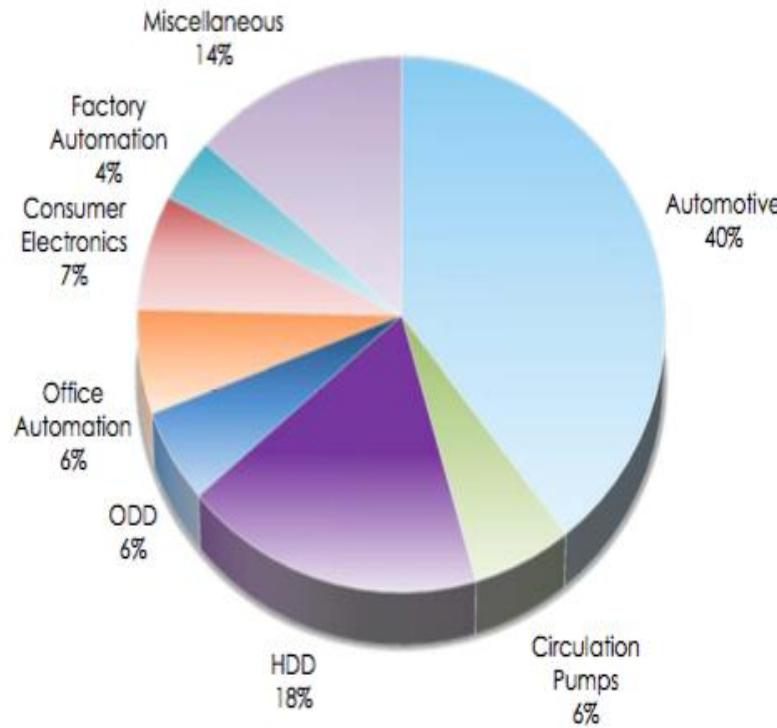


Molycorp
Magnequench

Bonded NdFeB Market By Application

- 10+ years ago,
>50% was media
storage
- Automotive,
Circulation Pumps
expected to grow
faster than market

Bonded NdFeB Magnets: End Markets Served 2015



Source : Magnequench Estimates; figures include MQ3 type fully dense magnets

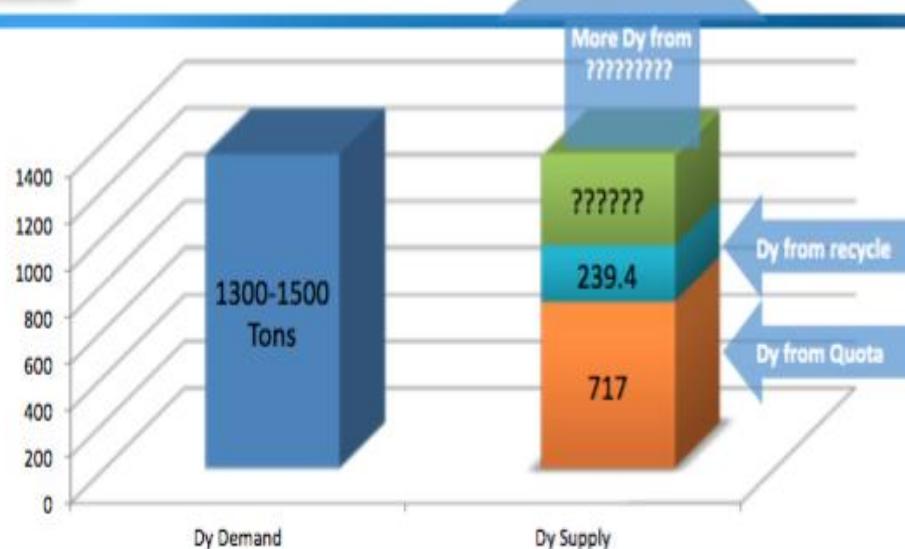
2. Sus Aplicaciones: Uso de las Tierras Raras (REE)



JL MAG
HIGH END MAGNETICS

Dy situation

Stockpile Aug 2014
10000tons REO
Dy Oxide=1200ton



108600 Tons	127765 Tons	1300-1500 Tons	1300-1500 Tons	717 Tons	239 Tons (from 13300T)	Dy output	Dy recycle	Dy from
Finished magnet	magnet Slug/block	DyFe metal	Dy Oxide					

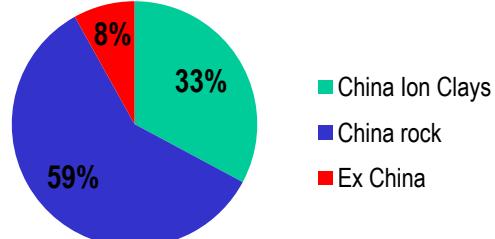
Demand

Supply

Source: China Rare Earth Association

Industria REE

Concentrado
REE > 92%

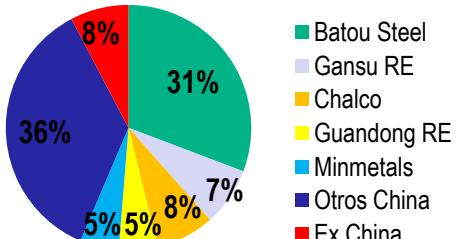


- China Ion Clays
- China rock
- Ex China

Capacidad de producción de concentrado del mundo de 198.000 ton



Óxidos REE
(Dy2O3)

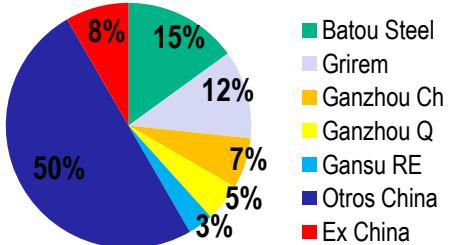


- Batou Steel
- Gansu RE
- Chalco
- Guandong RE
- Minmetals
- Otros China
- Ex China

Capacidad de separación de concentrado en óxidos del mundo de 195.000 tons



Materiales REE
(metales,
aleaciones,
compuestos)

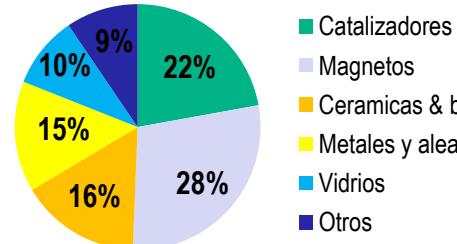


- Batou Steel
- Girem
- Ganzhou Ch
- Ganzhou Q
- Gansu RE
- Otros China
- Ex China

Capacidad de producción de metales y aleaciones mundial de 60.000 tons

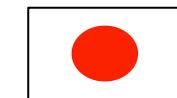


Aplicaciones



- Catalizadores
- Magnetos
- Ceramicas & baterias
- Metales y aleaciones
- Vidrios
- Otros

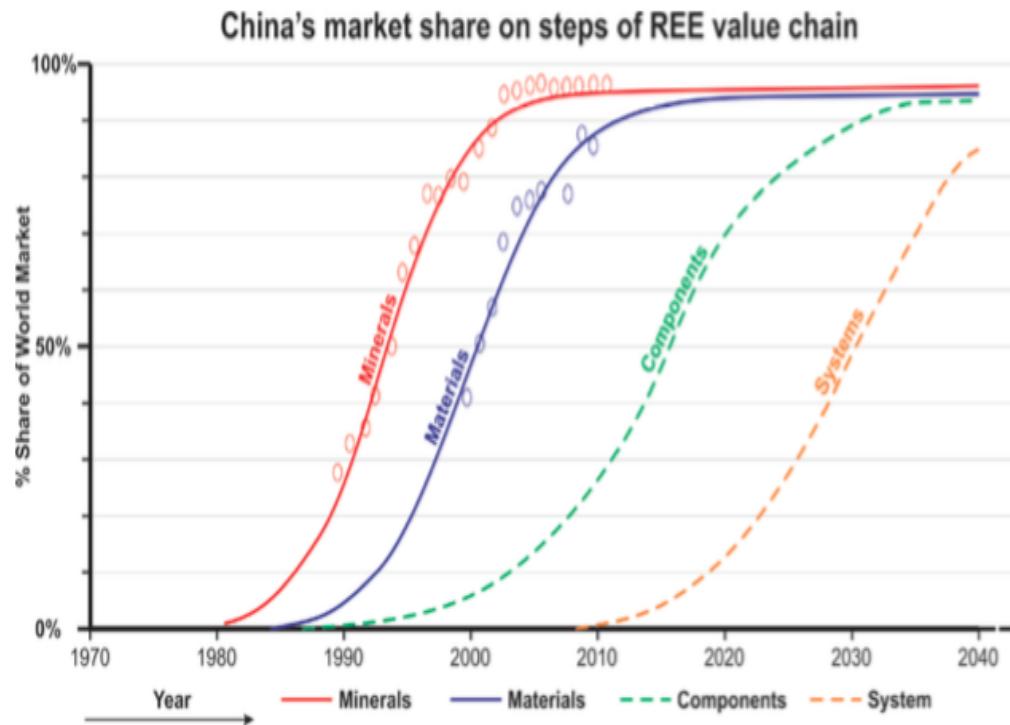
Demanda mundial de concentrado de 158.000 tons por tipo de aplicación



2. Sus Aplicaciones: Uso de las Tierras Raras (REE)



China's REE dominance



The value increases from US\$4B Minerals; US\$40B Materials; US\$400B Components; to US\$4T Systems

Is the rest of the world prepared to accept China's domination of high-tech and advanced materials manufacture?

3. Producción Mundial : Recursos

2

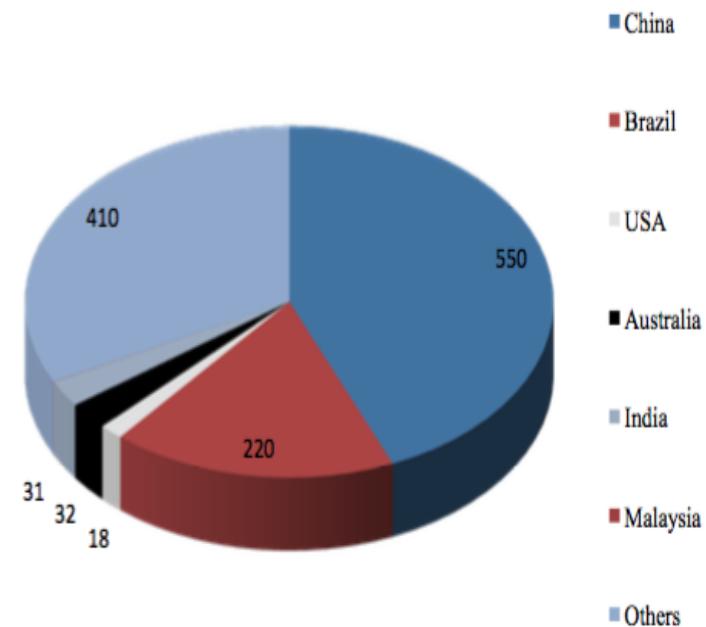


Development Trend of Global RE Market

- The world has abundant RE reserves with high-quality RE resources increasing

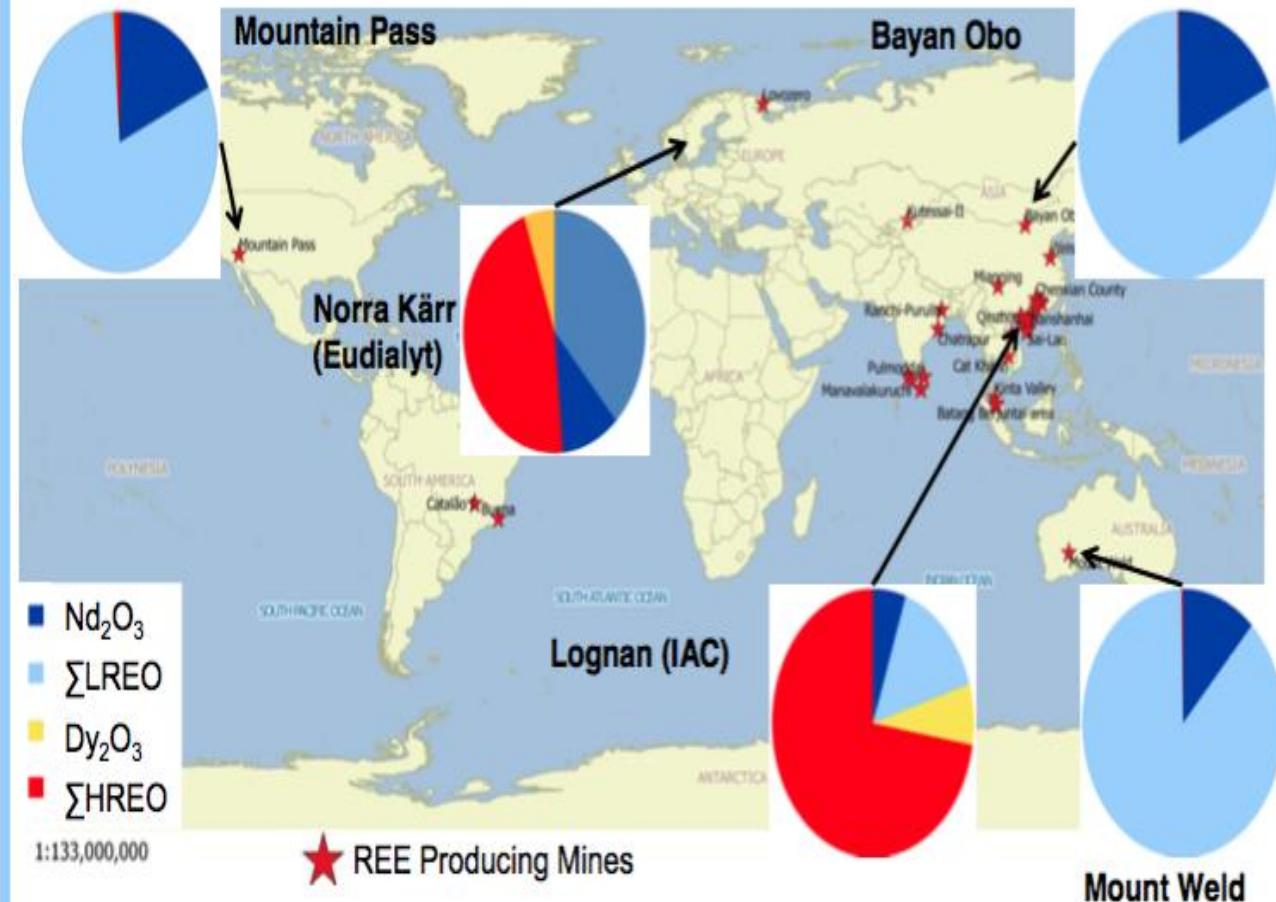
- ✓ Rare earth is not RARE: According to USGS reports of 2015, 130 million tons (calculated in REO) were distributed in all major regions and countries. With the discovery of RE resources in North Korea and the seafloor of Japan, the global amount of RE resources is increasing.
- ✓ Advanced development stage of overseas RE projects: According to the continuous study of TMR, there are 53 RE projects proceeding with PFS or BFS, which are expected to commence construction in the near future. Among these projects, all the counterparts are quite familiar with Ngualla project in Tanzania, Nolans project in Australia, Serra Verde project in Brazil, Kyanefield project in Greenland, etc.

RE Reserves (in '000 tons, REO)

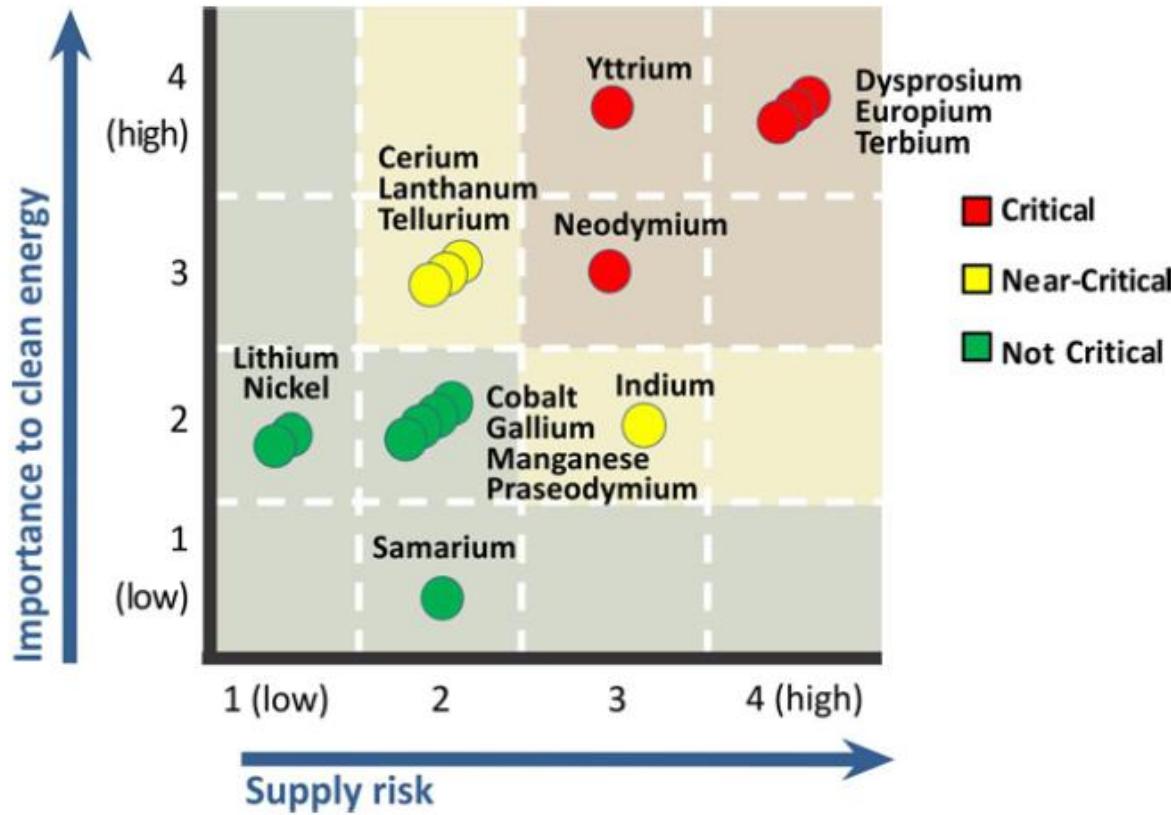


3. Producción Mundial

Rare Abundance of Heavy Rare Earth Elements



3. Producción Mundial: Las TTRR estratégicas



Principales REE críticas son del tipo pesadas (HREE)

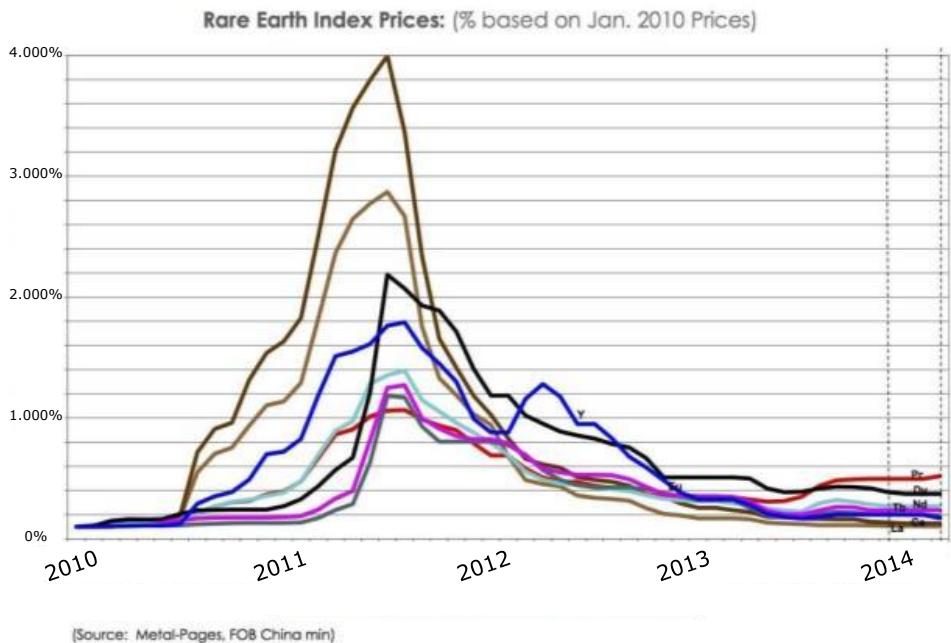
4. Precios(El evento China/Japón)

Precios de REE livianas (LREE) volvieron a nivel pre boom, pesadas (HREE) se mantienen más alto

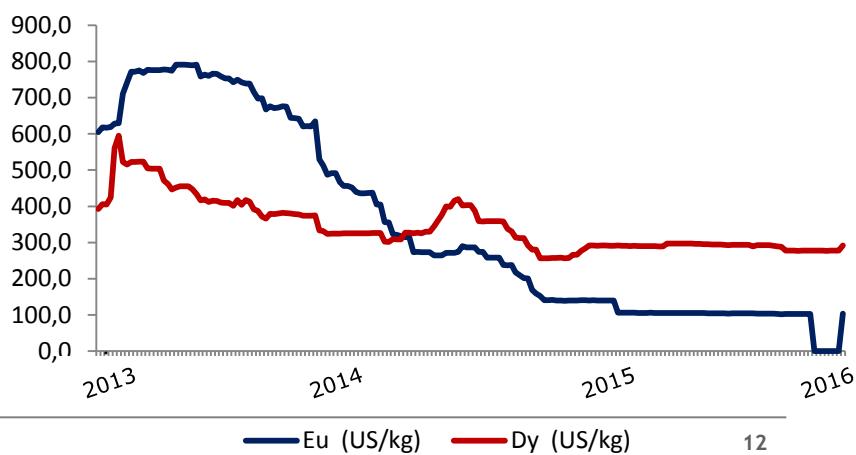
REE alcanzaron su *peak* de valor en 2011, y desde entonces no han dejado de caer

Después de un leve repunte en 2013, volvieron a caer casi a la mitad de su valor en Septiembre 2015

Índice de precios de REE (ACREI)



Precio de óxidos seleccionados

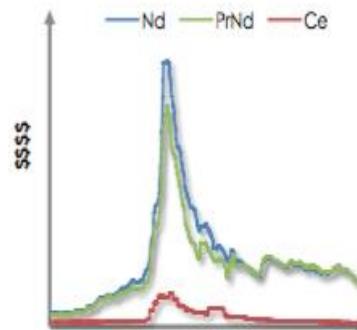


4. Precios (El evento China/Japón)

Effects of rare earth price spike

- Spike in rare earth prices resulted in:
 - Demand destruction
 - Delay of new programs
 - Rationalization of applications using REE's
 - and...More informed customers
- **Customers are much savvier about particular REE's in magnets**
 - Light rare earths Vs heavy rare earths
 - NdPr Vs Nd
 - Ce/La Vs NdPr

Nd Metal: 2009-2015



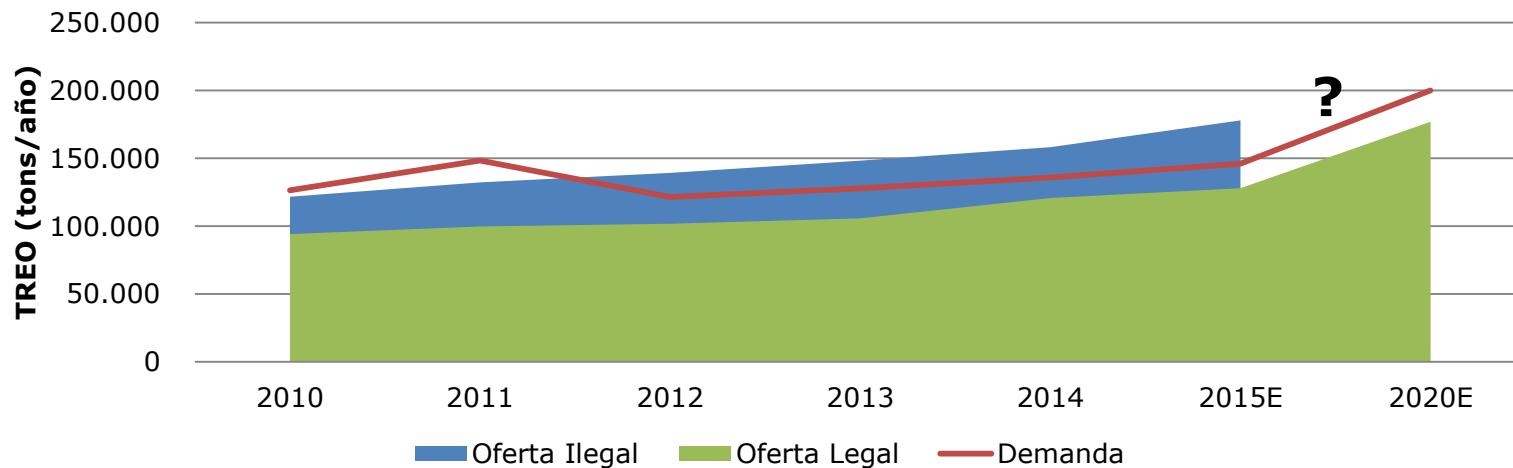
6. Situación Actual: A diferencia de empresas de REE Chinas las operaciones ex China perdieron casi todo su valor en últimos 3 años

GRIREM	Shenghe Resources	Lynas Corp.
● 600206 +109.28%	● 600392 +54.74%	● LYC -83.70%



Molycorp, la otra operación ex-China, actualmente detenida y enfrentando un proceso de reorganización (Chapter 11)

6. Situación Actual: Sobreoferta debido a la minería ilegal ha incidido en la continua baja de precios de últimos 3 años

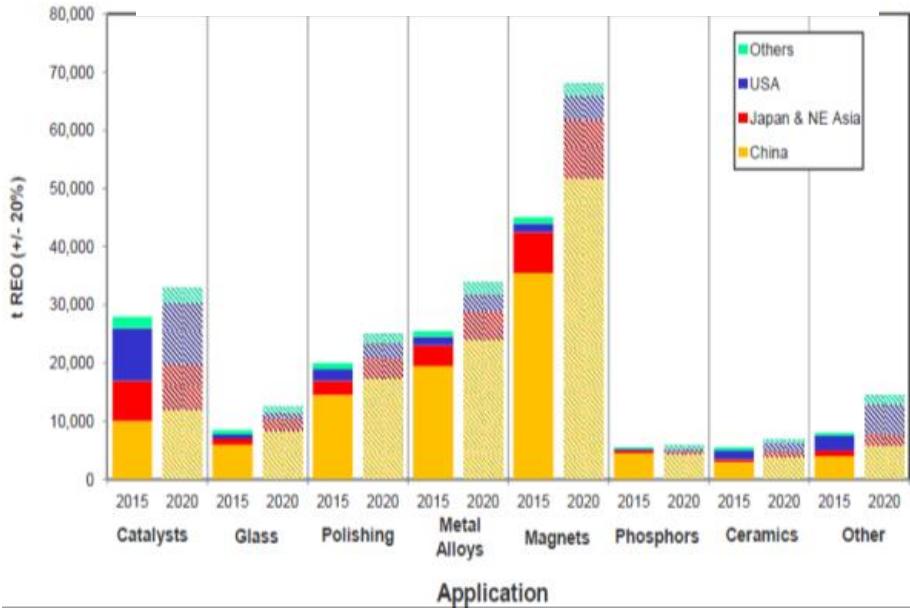


	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Oferta	China	89.200	93.800	93.800	93.800	105.000	105.000
	Ilegal	27.500	32.500	37.500	42.500	37.500	50.000
	ROW	5.000	6.000	8.000	12.000	15.750	23.000
	Total	121.700	132.300	139.300	148.300	158.250	178.000
Demanda	China	79.500	81.500	83.500	86.500	92.250	97.000
	ROW	47.000	67.000	38.000	41.500	43.750	71.500
	Total	126.500	148.500	121.500	128.000	136.000	146.000
Superávit / (Déficit)	(4.800)	(16.200)	17.800	20.300	22.250	32.000	NA

Fuente: Dudley Kingsworth 2015

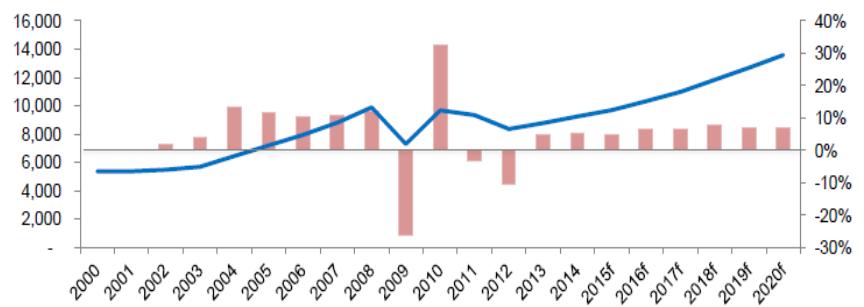
6. Situación Actual: Por el lado de la demanda siguen existiendo *drivers* potentes...

Estimación del crecimiento de la demanda por industria (2015-2020)

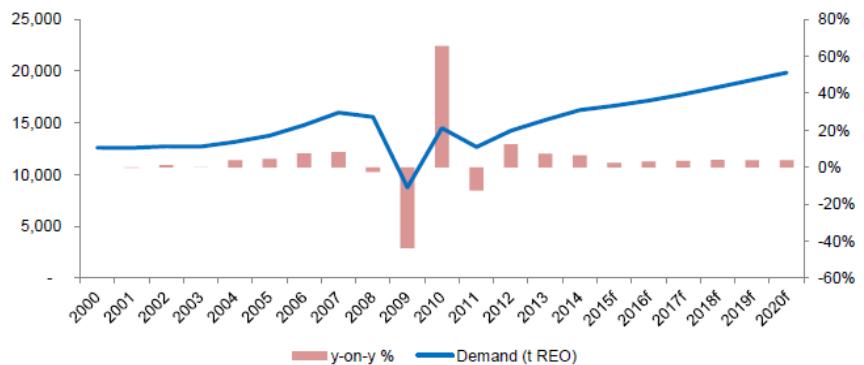


Expectación por industria de autos eléctricos e híbridos (uso en baterías y motores)

Rare earth consumption in batteries and year-on-year change, 2000-2020



Forecast demand for REEs in FCC catalysts and y-on-y % growth, 2000-2020

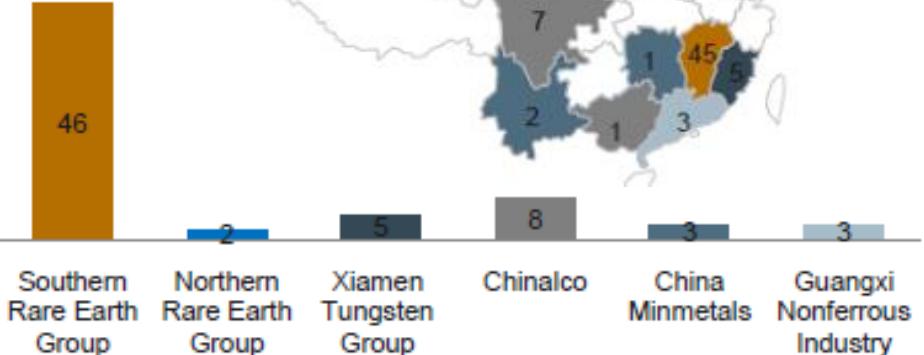


Se espera que la demanda de REE a nivel global crezca YoY al 6,5% por los próximos 5 años alcanzando las 200.000 ton en 2020

6. Situación Actual...y por el lado de la oferta, China consolidando industria interna e implementando plan para eliminar la minería ilegal al 2018(?)

77 de las 78 permisos para explotar REE fue asignado a 6 grupos locales

■ Southern Rare Earth Group ■ Northern Rare Earth Group
■ Xiamen Tungsten Group ■ Chinalco
■ China Minmetals ■ Guangxi Nonferrous Industry



Minería ilegal identificada y trabajando para eliminarla

4 level
3 level
2 level
1 level

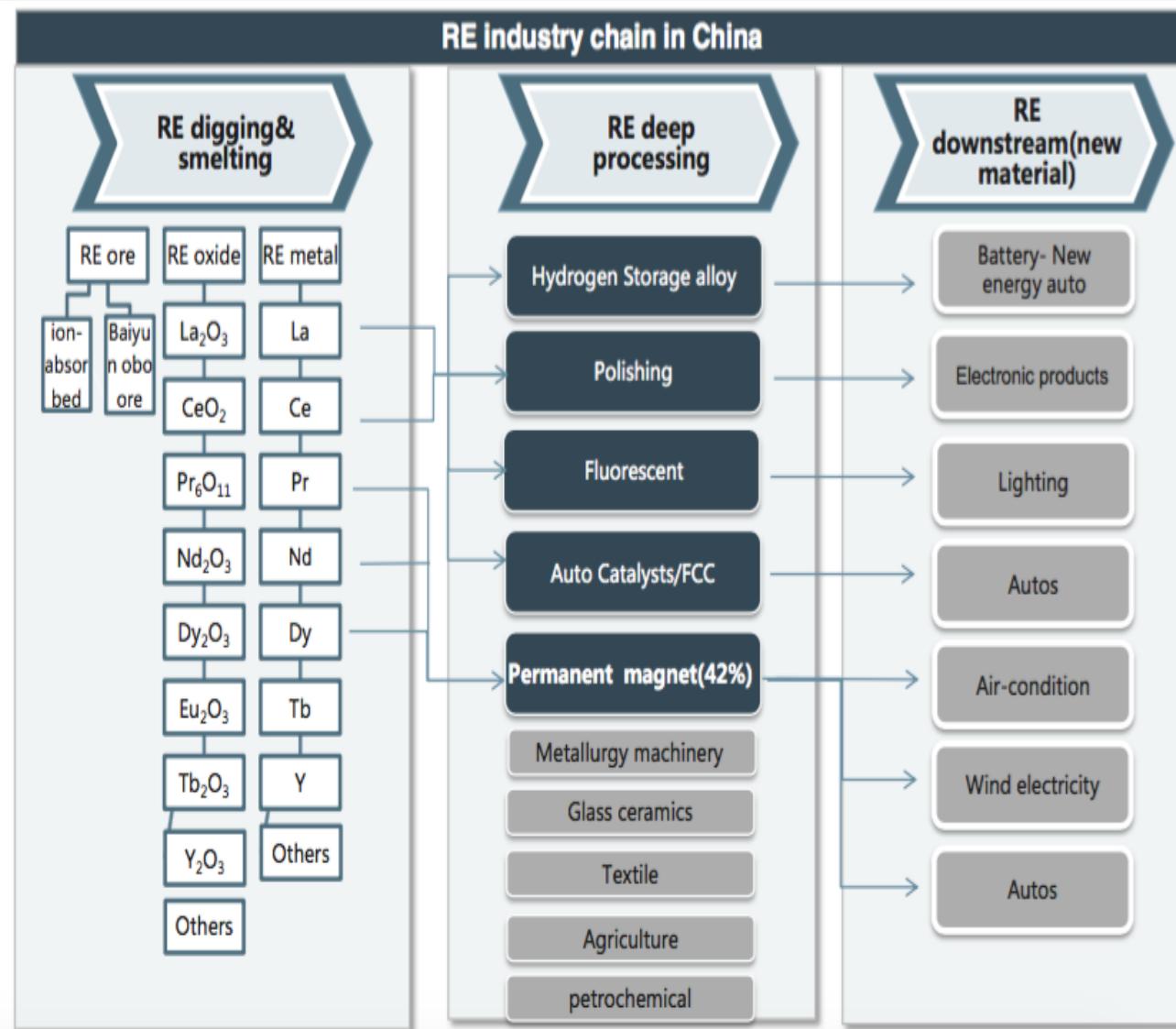
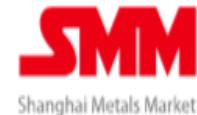


- Minería ilegal concentrada en provincia de Jiangxi, ya que en ese lugar es donde se concentran los yacimientos de arcillas que son más fáciles de explotar

El objeto de este plan es estabilizar la oferta mundial. Hoy productores Chinos están con pérdidas operacionales

6. Situación Actual

In 2015, permanent magnet industry accounts for about 42% of the entire rare earth consumption

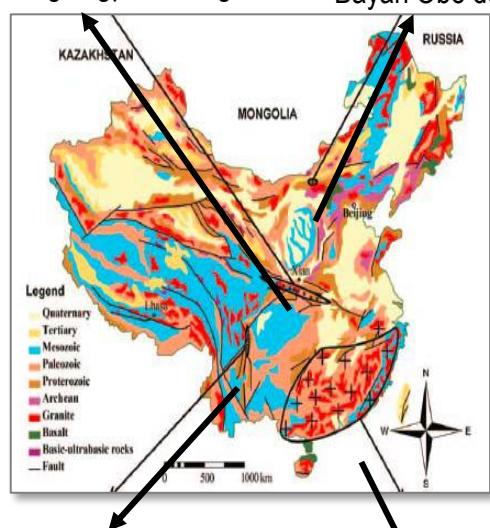


6. Situación Actual: Proyectos en el mundo ex-China con baja probabilidad de entrar en operación

	Market Cap (C\$mm)	Ubicación	Tipo	Etapa	Producción Esperada (REO t)	CAPEX (US\$m m)	Mkt Cap/ CAPEX
Matamec	\$ 4,81	Quebec, CA	Heavy	FS	3.655	335	0,01
Avalon	\$ 41,20	Northwest, CA	Heavy	FS	10.000	1.400	0,03
Alkane	\$ 69,47	Dubbo, AUS	Heavy	FS	6.665	970	0,07
Quest	\$ 12,78	Quebec, CA	Heavy	PEA	10.425	1.450	0,01
Serra Verde	-	Goias. BRA	Heavy	PFS	-	-	N/A
Tasman	\$ 13,46	Gränna, SWE	Heavy	PEA	6.800	280	0,05
Ucore	\$ 61,47	Alaska, USA	Heavy	PEA	1.830	220	0,28
Commerce	\$ 14,63	Quebec, CA	Heavy	PEA	16.850	680	0,02
Namibia	\$ 4,25	Namibia	Heavy	PEA	1.500	165	0,03
Molycorp	\$ 13,98	California, USA	Light	Detenida	19.050	1.450	0,01
LYNAS	\$ 214,96	Sydney, AUS	Light	Prod.	12.665	-	N/A
Frontier	N/A	N. Cape, SA	Light	Detenida	16.000	1295	N/A
Pele Mountain	\$ 7,35	Ontario, CA	Light	PEA	4.590	565	0,01
Rare Element Resources	\$ 8,46	Wyoming, USA	Light	PEA	10.400	455	0,02
Great Western Minerals	\$ 1,63	Saskatoon, CA	Light	PEA	2.700	155	0,01
Greenland	\$ 19,05	Narsaq, GLD	Light	-	-	-	N/A

3. El Descubrimiento: Las Arcillas Iónicas

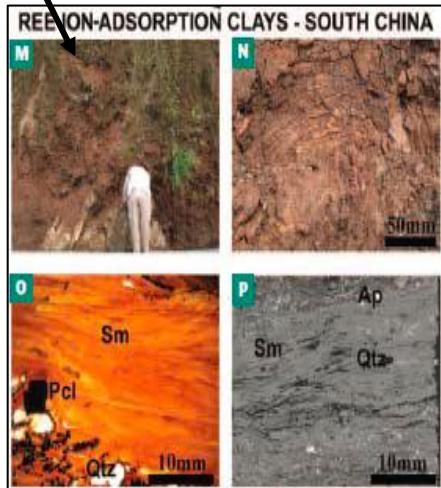
Huanglongpu-Qinling Belt



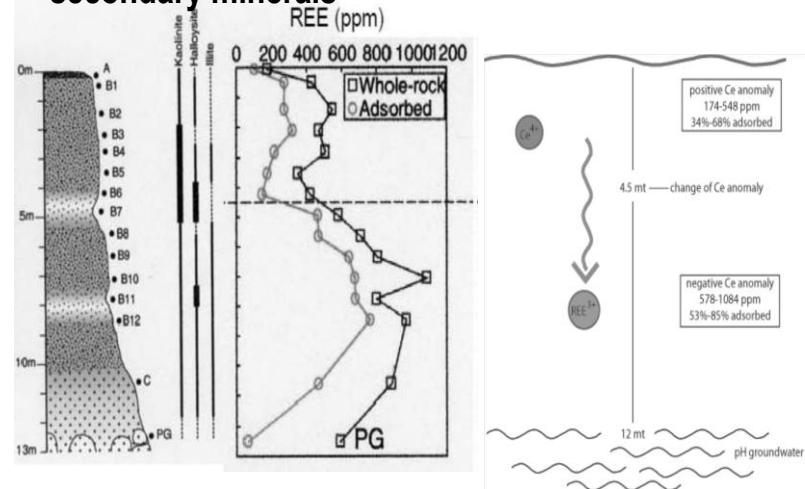
Bayan Obo deposit

- Only few know Ion Adsorption Clay deposits (IAD) are known outside China
- IAD represent >25% of China's supply of REE, are world cash cost leaders in REE production
- Lower cost extraction process and low capex required
- Free from radioactive elements

Maoniuping-Miaming Belt

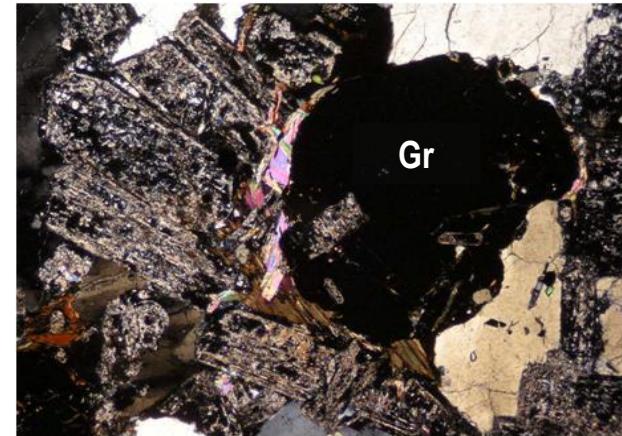


- Ion-exchangeable REE processes in weathered granite
- REE+Y released from granitic rocks and concentrated by electrostatic bond between cations in clays and other secondary minerals

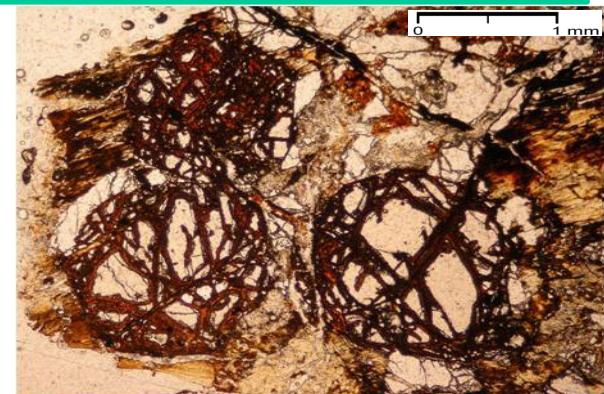


Arcillas Iónicas en Chile : a partir de granates y monacita

- A lithology that presents high grade of REE was recognized: granite of garnet
- Mineralization ranges between 2.000-2.500 ppm of REE with 30-40% of HREY
- Company accounts with over 90.000ha of mining properties

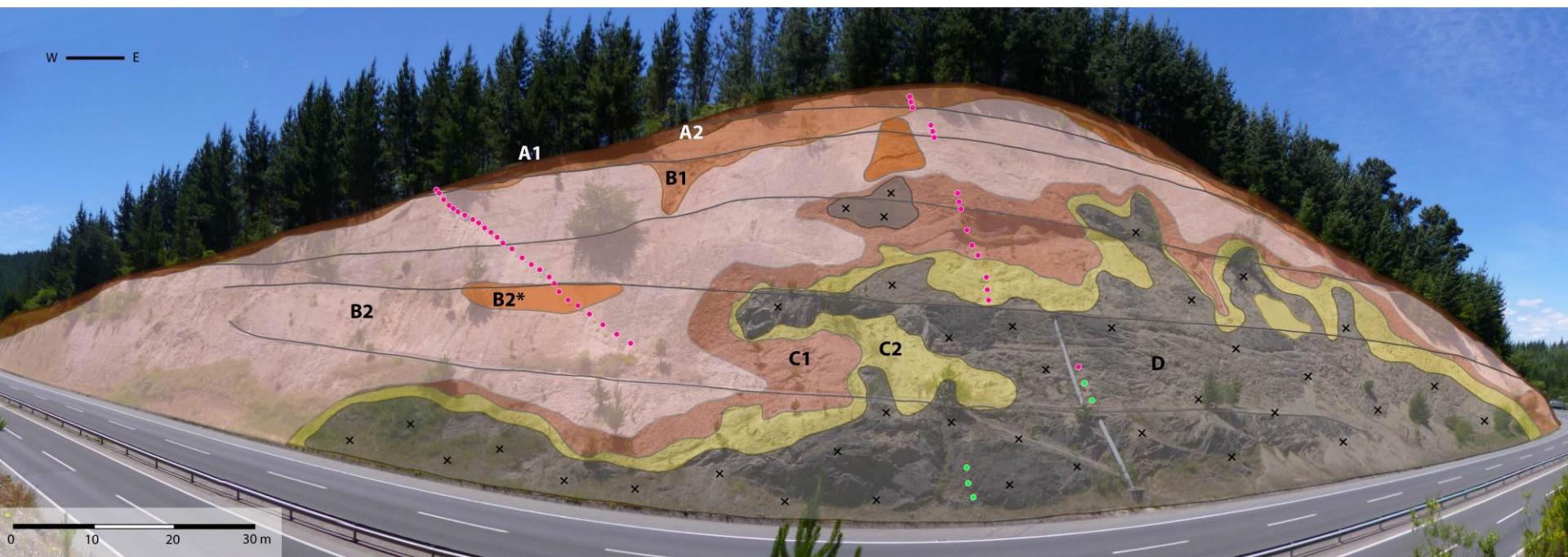


Rock: garnet, quartz, feldspars and micas



Soils: garnets replaced by limonite and clays

Ion-Adsorption Clay: garnet and monacite sources

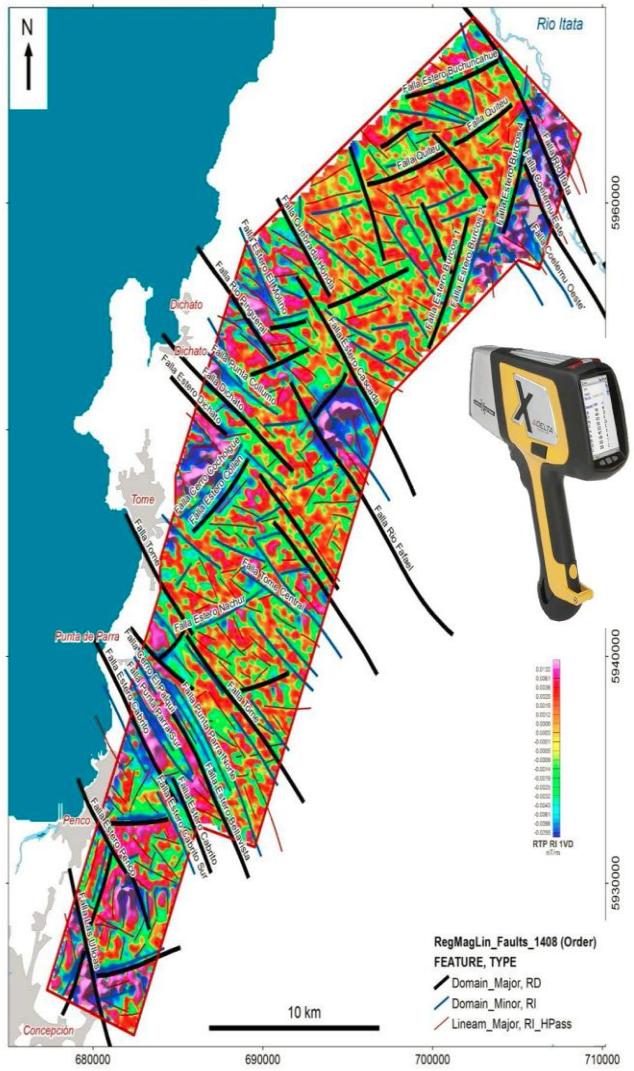


- Caracterización del perfil meteorizado: horizonte de arcillas
- El perfil de 30 a 70 m de meteorización permite mapeo de arcillas en los cortes de camino, así como muestreos en la vertical

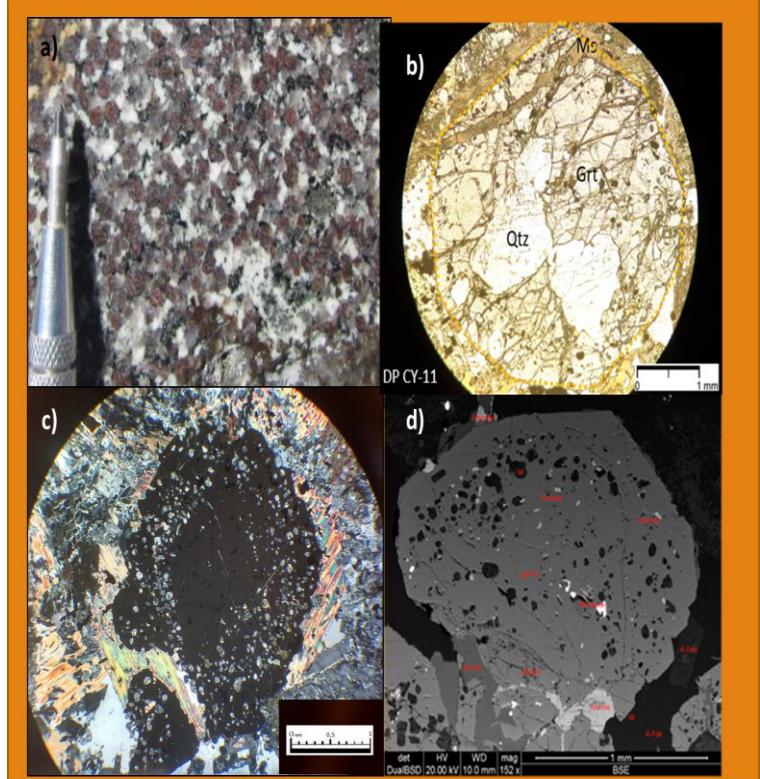
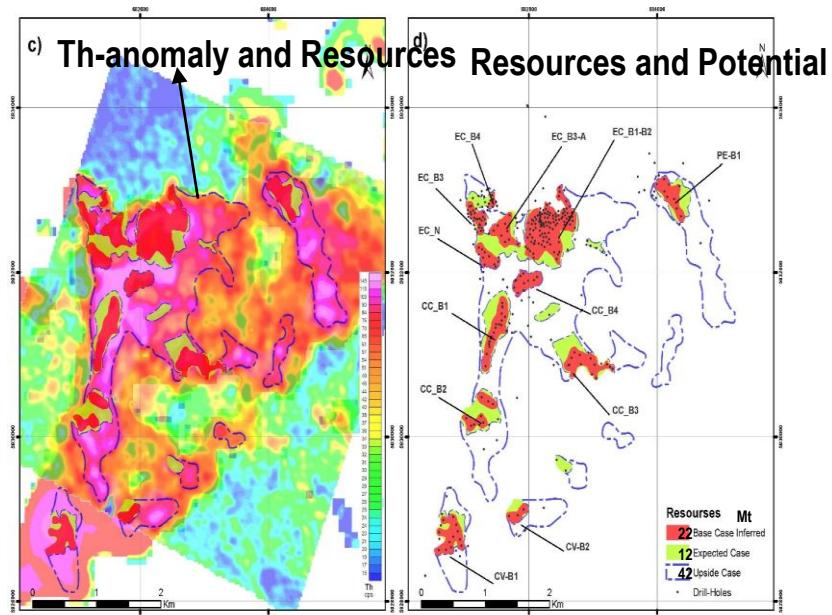
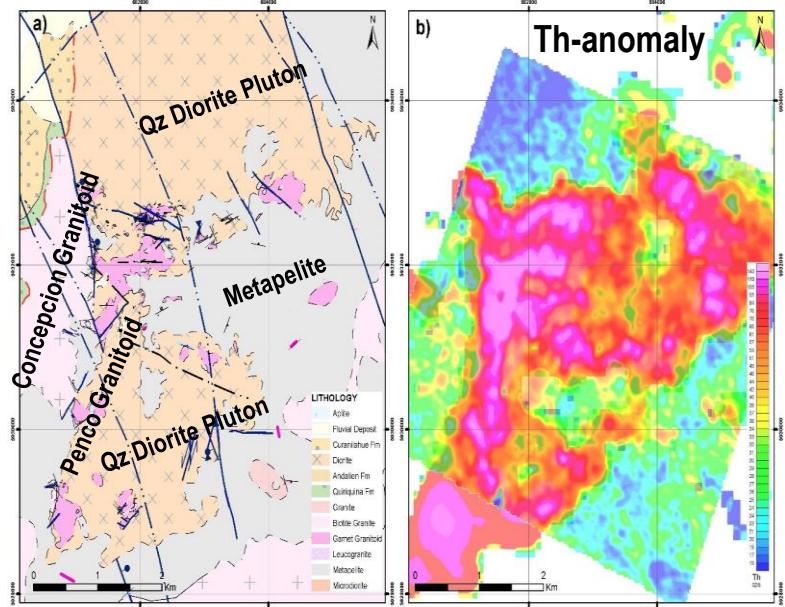
3. Historia del proyecto y BioLantánidos



Exploration expertise and approaches - Biolantanidos



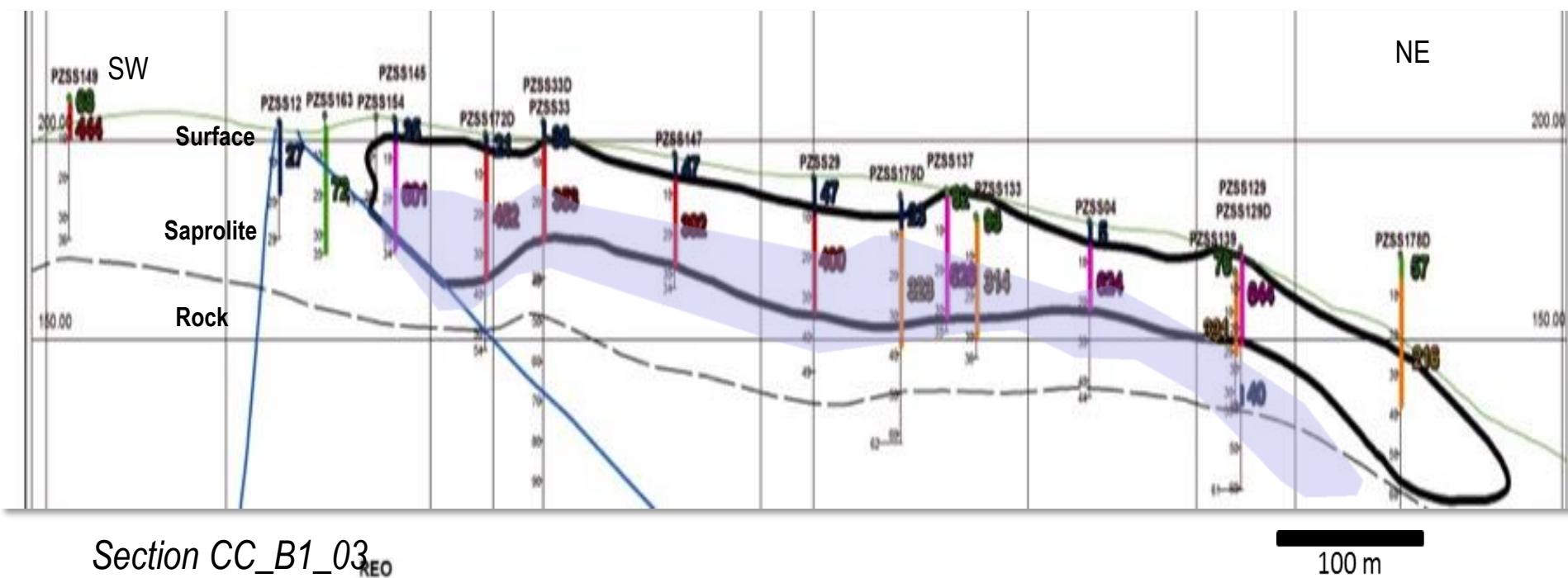
- Robust genetic and magmatic model for REE exploration
- Structural model to predict main geological units and target zones in semi-covered areas
- Aero magnetic and radiometric survey to identified target anomalies
- Strong geological mapping survey and field portable XRF for *instantly* soil analysis
- Highly mobile and environmentally friendly of our sonic/auger drilling capacity
- Quick identification and negotiation capability with surface property owners



ROCA PARENTAL

	Granitoide de Granate	Granitoide de Biotita	Diorita de Biotita 1	Diorita Cuarcifera 2	Metapelita
QAPF Classification	Garnet Tonalite	Biotite Tonalite	Biotite Diorite	Quartz Diorite	
ICP					
Σ LREE	1627	150	1973	293	212,2
Σ HREE	236	26	321	35	25
Σ REE	1864	176	2294	328	236,92
Σ REE + Y	2269	213	2798	373	268,92

Penco district: Schematic Resources Section



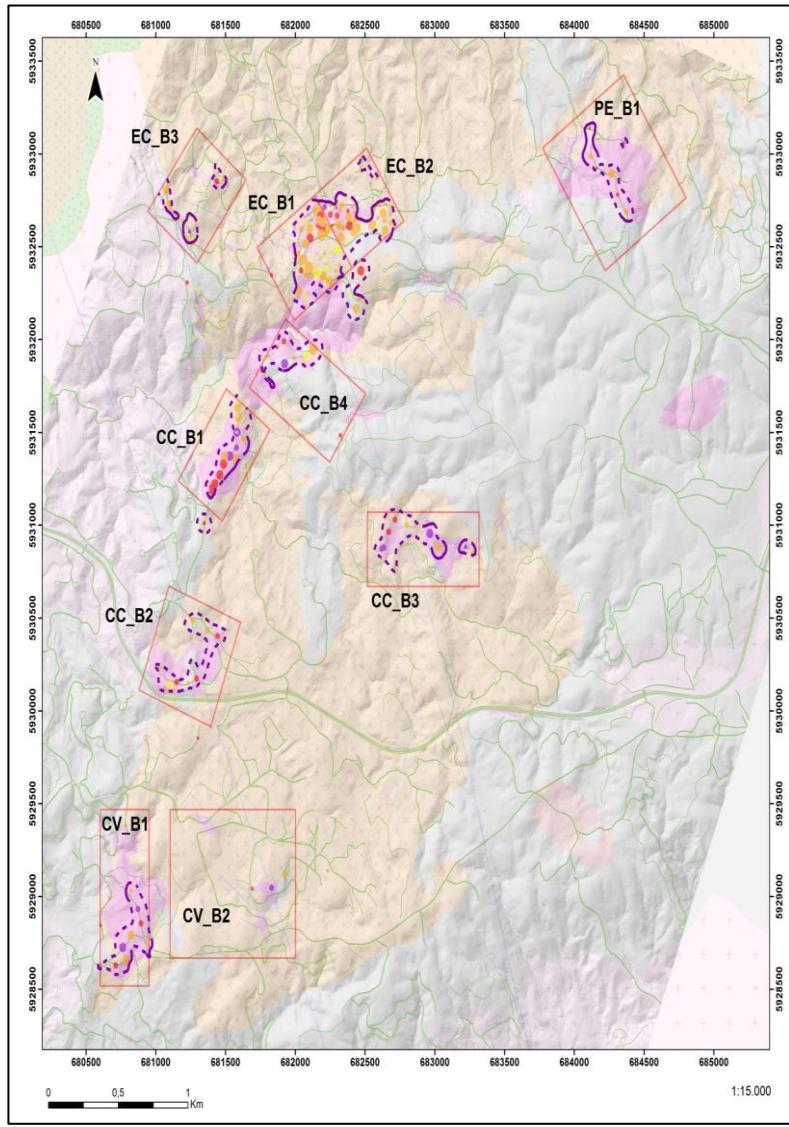
Section CC_B1_03

REO



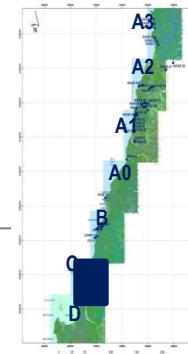
100 m

Distrito Penco : Geologic and Resource Model

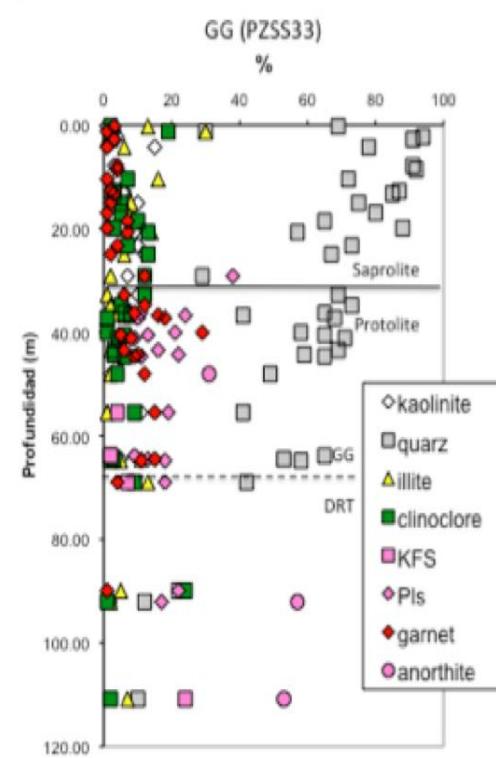
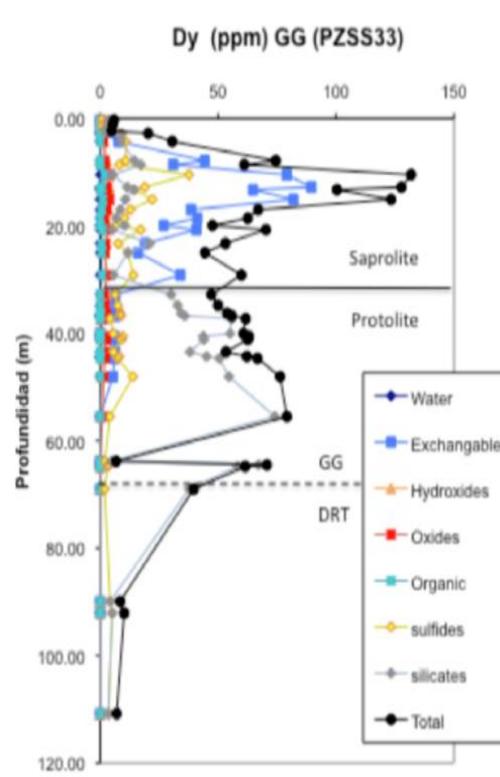
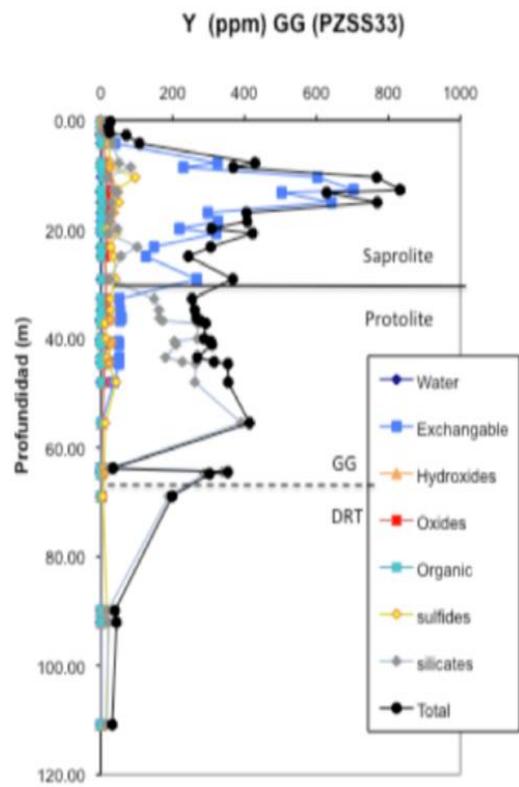
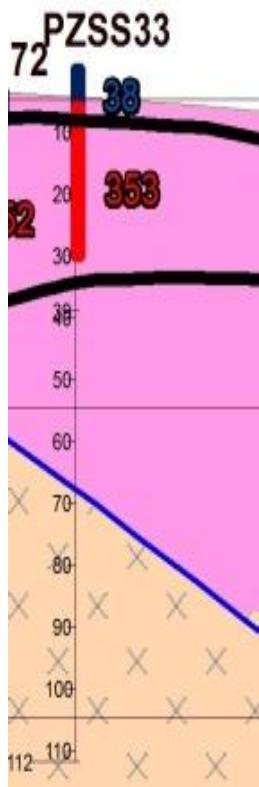


Minera BioLantanidos have focused in drilling and resource evaluation:

- **8 ore bodies: 25 Mt resources** Total drill meters of 9.000
- Soft and Hard limits resource models
- High potential for new ore bodies in the south-east district
- **Potential range: 50 - 65 Mt**



MODELO PENCO



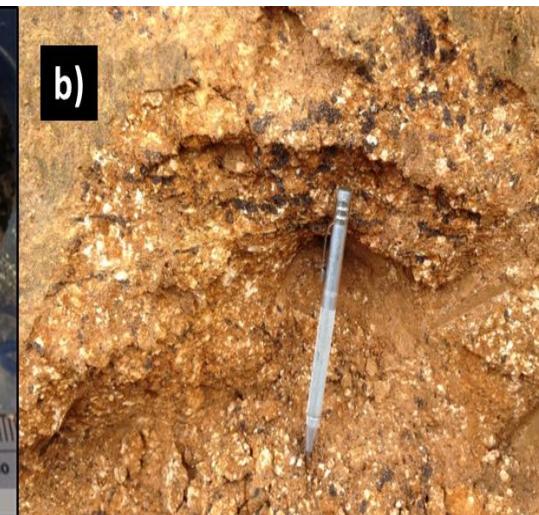
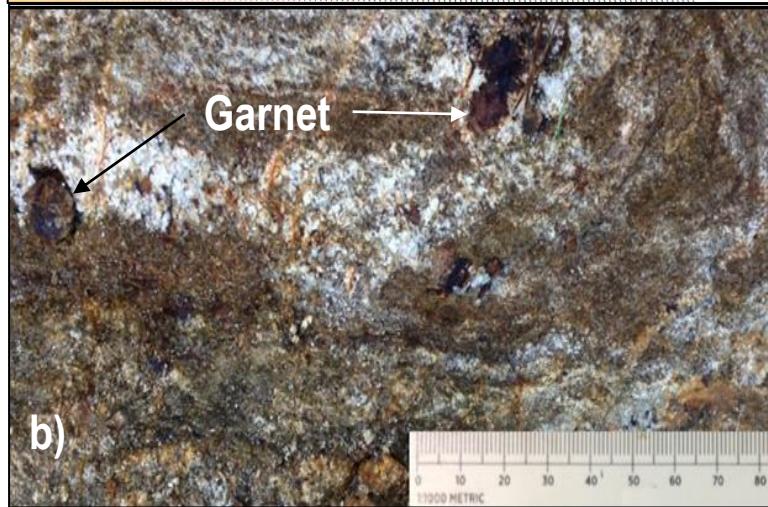
A

B

C

D

Fotografía 1. Penco Esquisto de biotita, trazas de granate y bandeamiento de cuarzo y micas



Fotografía 2. Migmatita, se reconoce leucosoma, melanosoma y fenocristales de granate.

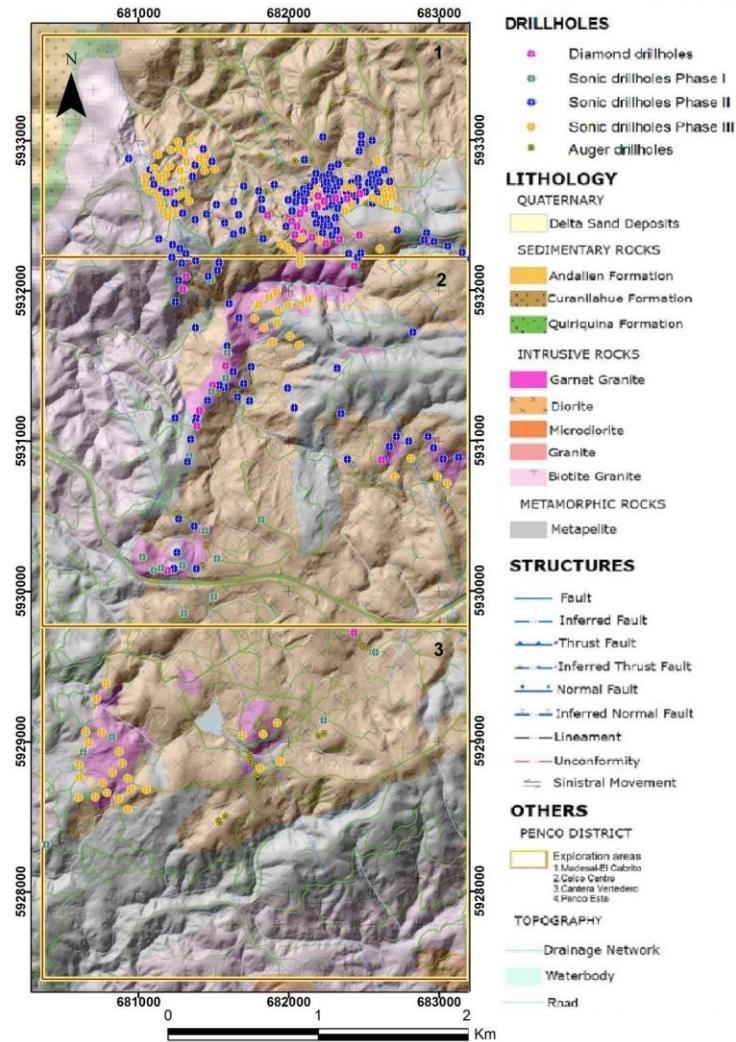
Campaña de Sondajes

- Campaña de sondaje con máquina Sónica hasta 60 metros de profundidad en arcillas
- Promedio de profundidades: 45 metros
- Equipo propio (diseño alemán ad hoc)



A la fecha se han realizado más de 370 sondajes

Campaña	Penco Fase I	Penco Fase II	Penco Fase III	Río Lía	Total	
Sónico	Pozos	37	166	125	31	359
	Metros	1.045	4.888	3.239	1.126	10.298
Diamantina	Pozos	4	11	0	0	15
	Metros	446	1.171	0	0	1.617
Pozos Totales		41	177	125	31	374
Metros Totales		1.491	6.059	3.239	1.126	11.915



Primera estimación de recursos NI 43-101 para primera planta comercial: 25 Mt @ 262 ppm

- Reporte preparado por Magri Consultores Ltda sobre El distrito Penco

ESTIMACIÓN DE RECURSOS – DISTRITO PENCO						
Cut-off [ppm]	Indicados		Inferidos		Total	
	Mt	Ley media [ppm]	Mt	Ley media [ppm]	Mt	Ley media (*) [ppm]
150	3,2	246	16,4	306	19,6	296
120	3,9	227	18,9	284	22,7	274
100	4,2	216	20,3	271	24,6	262
0	5,3	186	23,0	248	28,30	236

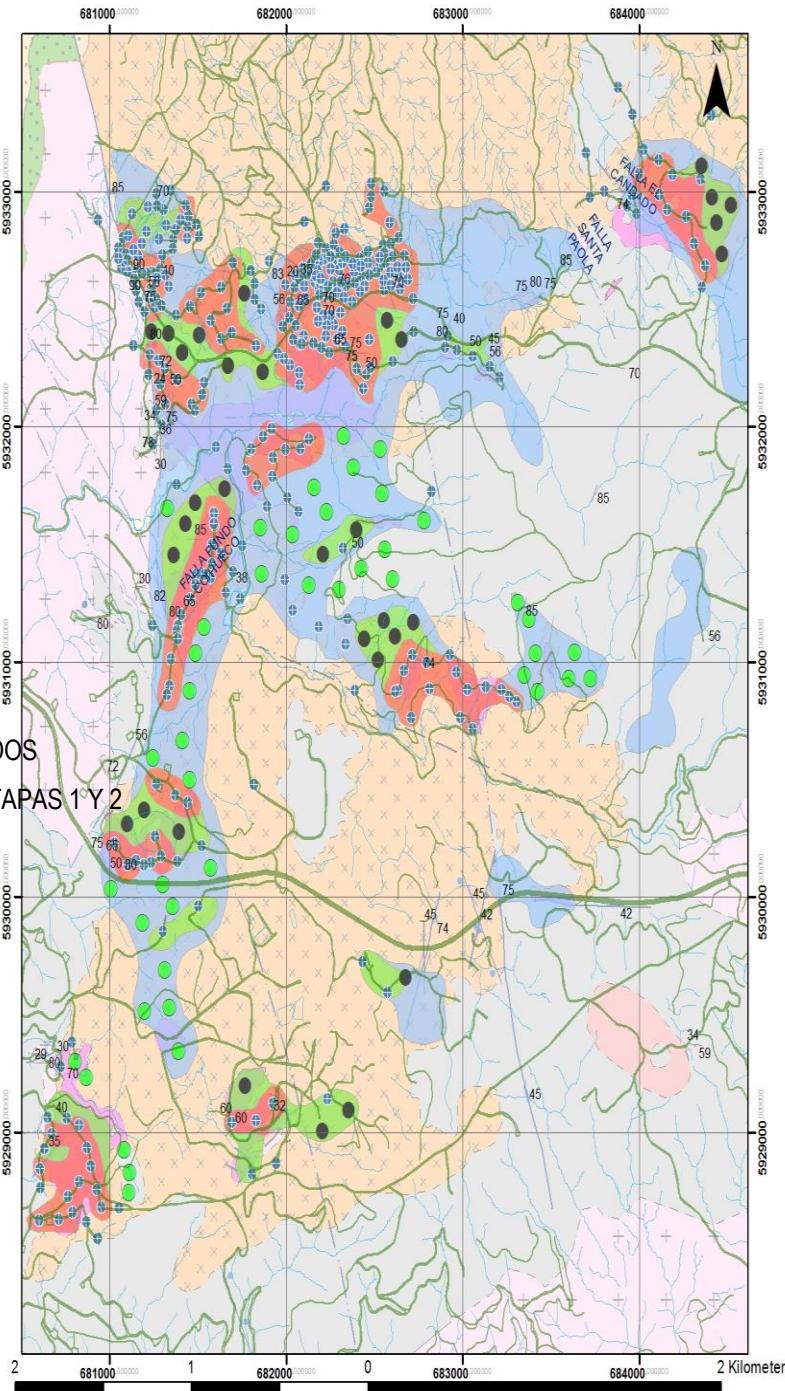
(*) No considera mayor eficiencia de la planta (1,68x)

6.- RECURSOS INFERIDOS ESPERADOS Y UPSIDE PENCO

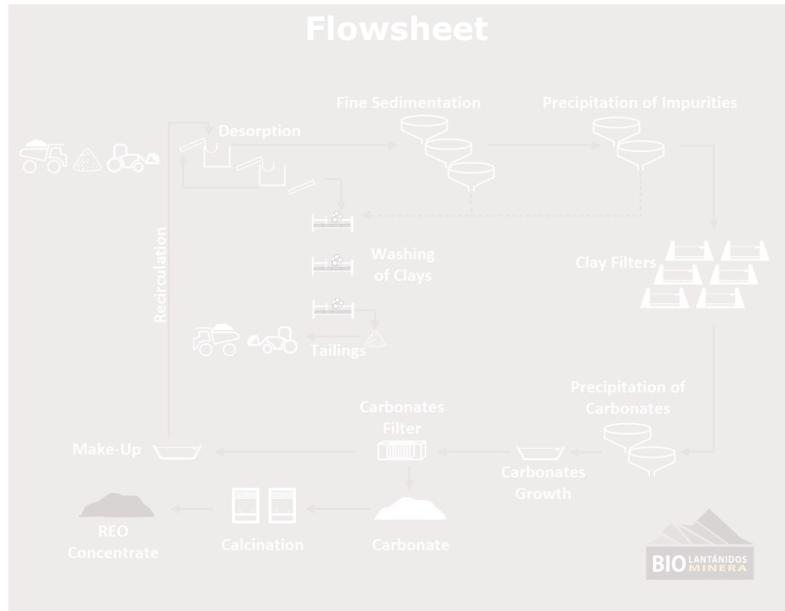
ETAPA	Nº SONDAJES SÓNICOS	METROS BARRENOS	METROS
INFERIDO ESPERADO	31	1240	
UPSIDE 01		44	1760
UPSIDE 02		54	2160
TOTAL	31	1240	98
LITOLÓGIA		3920	



RECURSOS



9. Metalurgia: Proceso innovador para producir concentrado de >92% REO



Parámetros de diseño de planta comercial

Tasa de procesamiento	tph	165
Ley de cabeza REO	ppm	424
Recuperación metalúrgica		85%
Producción promedio de REO	tpa	>500

- BioLantánidos diseñó proceso innedito de obtención de concentrado, llamado **Close Continuous Leaching Process (CCLP)**
- Resultados muestran que el proceso continuo permite **incrementar la recuperación de REE en 68%**
- Proceso sustentable y sostenible
- Diseño de primera planta comercial para producir >500 tpa de concentrado de REO de alta pureza (>92%)

- Se construyó **Planta Piloto** para probar **proceso metalúrgico innovador**, sustentable y de bajo costo
 - Proceso se está patentando
 - **Concentrado** de calidad comercial, **validado mundialmente**
- **Primera estimación de recursos** (NI 43-101)
 - 25 Mt @ 262 ppm REO
 - Recursos potenciales de ~220 Mt en >90.000 ha. de propiedad minera
- Estudio de factibilidad (FS)
 - Primera planta comercial con capacidad de producir >500 tpa de concentrado REO
 - **Cash cost US\$12,5/kg REO** para primeros años (de los más bajos a nivel mundial)
 - Baja inversión: **CAPEX US\$ 30 mm** (incl. 5% contingencia)

PLANTA PILOTO



PLANTA PILOTO



6. Close Continuous Leaching Process (CCLP)



Close Continuous Leaching Process (CCLP)



Calidad del Producto de Penco: Basket Price



Penco			
Element	REO Price per Ton (1)	% of Production	Value per Ton Processed (US\$/T)
Cerium (Ce)	\$1.650,00	0,19%	3
Dysprosium (Dy)	\$193.000,00	4,94%	9.540
Erbium (Er)	\$26.000,00	3,02%	786
Europium (Eu)	\$65.000,00	0,21%	136
Gadolinium (Gd)	\$9.590,00	4,48%	429
Holmium (Ho)	\$80.000,00	1,13%	902
Lanthanum (La)	\$2.100,00	15,85%	333
Lutetium (Lu)	\$616.000,00	0,25%	1.568
Neodymium (Nd)	\$39.400,00	18,72%	7.377
Praseodymium (Pr)	\$48.700,00	3,95%	1.923
Samarium (Sm)	\$1.950,00	3,22%	63
Terbium (Tb)	\$440.000,00	0,74%	3.264
Thulium ™	\$200.000	0,36%	723
Ytterbium (Yb)	\$19.600	1,80%	353
Yttrium (Y)	\$3.400,00	41,11%	1.398
Total		100,0%	28.796
(1) Estimación Mercado Interno China			24.462



- Proceso innovador probado y más eficiente que lixiviación en pilas (actualmente patentando)
- Concentrado de calidad comercial validado por potenciales clientes en calidad y contenido

Proceso	Construcción	Eficiencia	Producción [kg]	Ley concentrado
Proceso continuo	100%	+90,0%	+50,0	+95%



La minería se realiza por RA, con arranque directo con Excavadora y carguío a camiones convencionales

IMAGE | Extraction Area