

ESTRONCIO

2008

1.- PANORAMA NACIONAL

La obtención industrial de compuestos de estroncio parte del tratamiento de concentrados de los minerales *celestina*, compuesto por sulfato de estroncio (SrSO_4) y *estroncianita*, formado por carbonato de estroncio (SrCO_3). Ambos minerales se presentan asociados en determinados depósitos, aunque la presencia de estroncianita es mucho menos frecuente que la de celestina en el actual mercado mundial de concentrados de estroncio. No obstante, la explotación de la estroncianita tiene interés dentro del campo de la minería histórica¹.

En la Provincia de Granada se localizan dos explotaciones del mineral celestina, cuyo beneficio ha supuesto en los últimos años para España ocupar posición prominente como país productor de concentrados de estroncio. Estas explotaciones corresponden a los yacimientos *Montevives* (ubicado dentro de los términos municipales de Gabia la Grande y Alhendín) y *Escúzar* (dentro de los términos municipales de Escúzar y Ventas de Huelma).

1.2.- PRODUCCIÓN MINERA. PERSPECTIVAS

PRODUCCIÓN DE CELESTINA (t)	2003	2004	2005	2006p	2007p	2008p
SOLVAY MINERALES, S.A. (Explotación: ESCÚZAR)						
Concentrado mineral	100 000	107 000	103 130	92 000	78 112	88 500
CANTERAS INDUSTRIALES, S.L. (Explotación: MONTEVIVES)						
Concentrado mineral	53 760	99 000	233 500	180 000	71 000	50 000e
Totales						
Concentrado mineral	153 760	206 000	336 630	272 000	149 112	138 500
SrSO₄ contenido (t)	142 588	192 942	315 917	251 700	137 290	124 730

Fuente: Estadística Minera de España (Mº de Industria, Turismo y Comercio). p. provisional; e: estimado

La firma *Canteras Industriales S.L.*, que ha explotado el yacimiento de *Montevives* desde hace más de cinco décadas ha interrumpido las labores a mediados de 2007. Hasta entonces, el yacimiento se explotaba a cielo abierto mediante voladura, fragmentación mecánica de bloques de roca mineralizada con celestina, estriado manual, molienda y clasificación; todo el proceso se realizaba en la misma cantera.



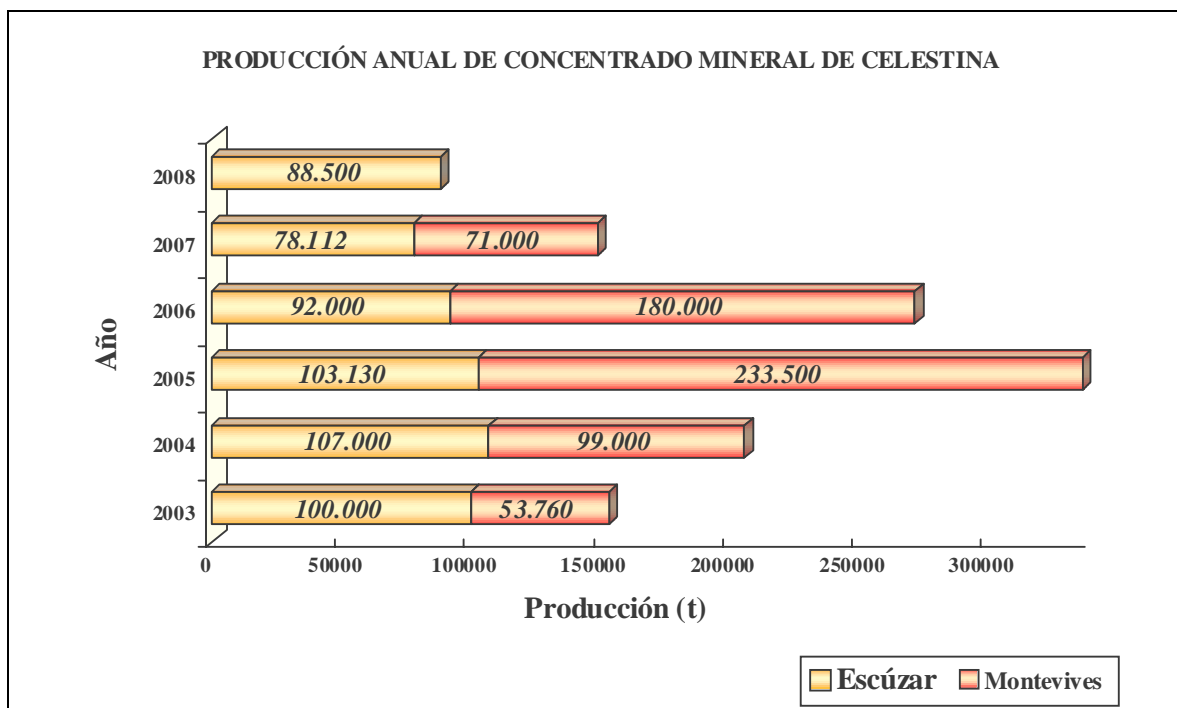
El depósito mineral, que se emplaza en una estructura de tipo *horst* en la zona central de la Depresión de Granada, se debe al reemplazamiento diagenético de calcita y dolomita por celestina. La roca encajante es caliza laminada algal (estromatolitos), con una edad de depósito Tortoniense-Messiniense (Mioceno superior).

¹ Hasta mediados del siglo pasado esta actividad minera tenía desarrollo en Madrás (India), Montreal y Québec (Canadá), Pensilvania, Illinois, California (EEUU), Alemania, Austria, Italia, Reino Unido.

La ley del concentrado obtenido es extraordinariamente elevada, oscilando en torno al 80-90% en SrSO₄. Un inconveniente, de cara a determinadas aplicaciones, es el contenido en bario algo elevado (1,5-2,0%). La producción se destina en gran parte a la exportación (en particular a la R.P. China) y en menor medida a empresas nacionales productoras de derivados de estroncio (*Solvay Minerales, S.A.* en Escúzar, Granada; *Química del Estroncio S.A.*, en Cartagena, Murcia).

El yacimiento de celestina de *Escúzar*, a 24 km de Granada y a unos 7 km de distancia del yacimiento de *Montevives*, es actualmente el único en explotación en España. El beneficio del yacimiento se inició en marzo de 1990, por la firma *Kali-Chemie Ibérica, SA*, evaluándose en su momento unas reservas de 4 Mt de mineral celestina. La actual empresa explotadora es *Solvay Minerales S.A.*, filial del *Grupo Solvay*. El yacimiento corresponde a rellenos de celestina mezclada con yesos en los huecos de karstificación formados en series calizas y margoso-calizas, de edad Tortonense-Messiniense (Mioceno superior).

El laboreo minero se realiza a cielo abierto, en frentes discontinuos a lo largo de una banda de orientación E-O, con continuidad de unos 2 km. En las cercanías de la zona de laboreo la empresa cuenta con una planta para el procesado del mineral extraído. Dicha planta está equipada con instalaciones para la trituración del mineral bruto, preconcentración por medios densos, molienda y flotación. El método de flotación fue modificado por el Ingeniero de Minas A. Sarcoli Bruni para su adaptación a menas ricas en impurezas dispersas de yeso y calcita. En la fase actual de producción, se parte de mineral con leyes en torno al 54% en SrSO₄ y sólo un 0,5% de bario. El concentrado final llega a contenidos del 94% en SrSO₄. La producción se destina mayoritariamente a la exportación a Alemania para el abastecimiento de empresas del grupo *Solvay*, y el resto se dirige a Extremo Oriente.



1.3.- INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DE CONCENTRADOS MINERALES DE ESTRONCIO

En Cartagena, Valle de Escombreras (Murcia) se localiza la planta de producción de compuestos químicos de estroncio de *Química del Estroncio S.A.*, puesta en marcha en el año 2000. Las instalaciones, con capacidad nominal para producción de 35.000 t/año de carbonato de estroncio y de 6.000 t/año de nitrato de estroncio *crystal*, aplican un proceso de tratamiento de tecnología propia de concentrados de mineral celestina; como coproductos se obtienen igualmente soluciones de sulfato amónico y de nitrato amónico, de utilización en fertilizantes. La producción exportada se expide por vía marítima, desde el puerto de Cartagena, a países como Japón, India, Sudeste Asiático, EEUU, Sudáfrica o Reino Unido; también se destina parte de la producción al consumo interior y a la exportación, por vía terrestre, a países europeos.



1.4.- RESERVAS Y RECURSOS NACIONALES

Las reservas de celestina se pueden cifrar, considerando únicamente derechos mineros relativos a la explotación de *Solvay Minerales S.A.*, en Escúzar (Granada), en 1,5 millones de toneladas. Conforme a información facilitada por la empresa, tal cálculo equivale a una vida útil aproximada de siete años al ritmo actual de extracción.

A raíz de trabajos prospectivos sobre celestina realizados hace más de una década, en el área de la Depresión de Granada se estimaron recursos del orden de 12 Mt de celestina. Existen en España otras localizaciones de pequeños criaderos de este mineral, las principales en Huércal-Overa (Almería), Puentetabras (Jaén) y Lorca (Murcia), pero en todos los casos carentes de recursos de interés industrial.

1.5.- COMERCIO EXTERIOR DE MATERIAS PRIMAS MINERALES

El comercio exterior de materias primas minerales de estroncio es difícil de analizar, pues a excepción de los carbonatos, los concentrados y las demás sales comerciales, como cloruros, nitratos, fosfatos, etc, carecen de posición arancelaria específica, habiendo sido englobados en el apartado de "los demás", y los óxidos e hidróxidos y el metal bruto figuran recogidos junto con el bario. En el caso de los concentrados, y a falta de información aduanera, los datos de exportación se han tomado usualmente del destino sectorial de la producción publicado por la Estadística Minera de España, estimándose su valor; en el caso de los óxidos y el estroncio metal, es posible su separación del bario en función de los respectivos precios, muchos más elevados en el primero.

Con estas limitaciones, en 2008 las importaciones se redujeron a 866,4 t de Sr contenido, un 2,4% menos que en 2007, por valor de 763,4 k€, un 10,6% más que en dicho año. Los carbonatos acapararon las compras casi en exclusiva (857,4 t Sr contenido), procediendo íntegramente de Alemania (710,6 t), China (508 t) y México (260 t); los óxidos supusieron 11,9 t, traídas de Francia, más unos kg de EEUU y Japón, siendo nulas las de estroncio metal (cuadros Sr-I y II).

La última Estadística Minera publicada es la correspondiente al año 2006, por lo que no se dispone de datos sobre las exportaciones de concentrados en el bienio siguiente. En 2008, las exportaciones consistieron en 0,4 t de óxidos y 279,5 t de carbonatos, enviados éstos a EEUU (85 t), Portugal (75,2 t), Brasil (46,8 t), Francia (24,5 t), Alemania (24 t) y Japón (24 t).

CUADRO Sr-I

COMERCIO EXTERIOR DE MATERIAS PRIMAS MINERALES DE ESTRONCIO (t y 10³ €)

	IMPORTACIONES					
	2006		2007		2008 (p)	
I.- Minerales	<u>Cantidad</u>	<u>Valor</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Valor</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Valor</u>
Celestina *	-	-	-	-	-	-
II.- Óxidos y sales						
Óxidos, hidróx. y peróxidos	1,7	17,8	0,7	3,9	11,9	70,1
Carbonatos	1 656,2	<u>721,3</u>	1 529,6	<u>686,5</u>	1 478,3	<u>693,3</u>
Total		739,1		690,4		763,4
IV.- Metal bruto						
Estroncio en bruto	< 0,1	14,1	-	-	-	-
TOTAL		753,2		690,4		763,4

	EXPORTACIONES					
	2006		2007		2008 (p)	
I.- Minerales	<u>Cantidad</u>	<u>Valor</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Valor</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Valor</u>
Celestina *	265 933	9 972 e	141 100	sd	70 590	sd
II.- Óxidos y sales						
Óxidos, hidróx. y peróxidos	0,1	0,4	0,1	1,1	0,4	3,5
Carbonatos	3 847,6	<u>1 518,2</u>	557,4	<u>203,1</u>	279,5	<u>181,5</u>
Total		1 518,6		204,2		185,0
IV.- Metal bruto						
Estroncio en bruto	-	-	-	-	-	-
TOTAL		11 490,6		sd		sd

Fuente: Estadística del Comercio Exterior de España, Agencia Tributaria, Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales
 * Datos de exportación según la Estadística Minera de España p = provisional

CUADRO Sr-II
COMERCIO EXTERIOR DE MATERIAS PRIMAS MINERALES DE ESTRONCIO
(t Sr contenido)

PRODUCTOS	IMPORTACIONES				
	2004	2005	2006	2007	2008 (p)
I.- Minerales					
Celestina	-	-	-	-	-
II.- Óxidos y sales					
Óxid., hidróx. y peróxidos	1,5	0,5	1,3	0,5	9,0
Carbonatos	<u>467,5</u>	<u>400,5</u>	<u>960,7</u>	<u>887,2</u>	<u>857,4</u>
Total	469,0	401,0	962,0	887,7	866,4
IV.- Metal bruto					
Estroncio en bruto	1	< 0,1	< 0,1	-	-
TOTAL	470	401	962	887,7	866,4

EXPORTACIONES	
---------------	--

PRODUCTOS	2004	2005	2006	2007	2008 (p)
I.- Minerales					
Celestina *	87 710	136 289	114 351	60 630	30 354
II.- Óxidos y sales					
Óxidos, hidróx. y peróxidos	0,2	< 0,01	< 0,1	< 0,1	0,3
Carbonatos	<u>2 431,8</u>	<u>3 645</u>	<u>2 231,6</u>	<u>323,3</u>	<u>162,1</u>
Total	2 432	3 645	2 231,7	323,3	162,4
IV.- Metal bruto					
- Estroncio en bruto	-	-	-	-	-
TOTAL	90 142	139 943	116 582,7	60 953,3	30 516,4

Fuente: Estadística del Comercio Exterior de España, Agencia Tributaria, Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales
* Datos de exportación según la Estadística Minera de España.

Seguidamente se indican otros datos de mercado exterior referentes a ventas de productos de estroncio a EEUU, primer consumidor mundial de esta sustancia.

EXPORTACIÓN ESPAÑOLA DE PRODUCTOS DE ESTRONCIO A EEUU (*)				
Productos	2006		2007	
	Peso bruto (t)	Valor (\$) #	Peso bruto (t)	Valor (\$) #
Carbonato de estroncio (**)	20,4	14.200	-	-
Nitrato de estroncio (**)	414	327.000	79,4	77.700
TOTAL (*)	414	327.200	79,4	77.700

Fuentes: * USGS, Minerals Yearbook, Strontium (Advanced release). Octubre 2008.

** USGS, Mineral and Materials Information. Julio 2007. #: Valor franco bordo (\$ US)

1.6.- ABASTECIMIENTO DE LA INDUSTRIA NACIONAL

Como se ha indicado, la información de comercio exterior recogida en el Arancel de Aduanas no especifica partidas diferenciadas de estroncio metal o de sus distintos compuestos y elaborados, lo que dificulta establecer cifras de demanda aparente.

2.- PANORAMA MUNDIAL

En 2006 la producción mundial de mineral de estroncio, según *USGS* (Mineral Commodity Summaries, enero 2008) fue en cifras redondeadas de 585.000 t. Las estimaciones establecidas para 2007 muestran un moderado incremento de producción, ya que se llega a 600.000 t. La mayor parte de esta producción es asignable, según dicha fuente, a un reducido grupo de países, que en 2007 encabezaba España (200 000 t) seguido por la R. P. China (190 000 t), México (125 000 t) y Turquía (60 000 t). Les siguen, aunque con producción anual considerablemente menor, Argentina (7.500 t), Irán (7 500 t), Paquistán (3 500 t) y Marruecos (2 700). Completan el 10% restante de la producción otros pequeños productores. En el periodo 2006-2007 no se han producido variaciones relevantes en los tonelajes de producción de estos países, salvo un pequeño incremento en Paquistán. EEUU, principal consumidor mundial de esta sustancia, importó en 2007 un peso bruto total de 16 240 t de productos de estroncio.

La industria química de base consume, en primer término, los concentrados minerales de estroncio. Como principal producto químico manufacturado figura el carbonato de estroncio, y seguidamente el óxido, nitrato, cloruro, fluoruro y otros derivados de estroncio. En forma de metal, el estroncio se obtiene industrialmente a partir de su óxido; el metal estroncio tiene elevada cotización de mercado y su producción es reducida; se emplea, entre otros usos, en investigación experimental y aplicada.

El carbonato de estroncio es de uso directo en diversos campos de aplicación, y base de partida para la elaboración muchos otros compuestos. China es en el presente el primer productor mundial, con capacidad fabril para la producción de unas 200 000 t/año. Las fuentes de abastecimiento de materia prima mineral se encuentran en los recursos propios del país, pero también en un importante volumen de mineral importado. Sus principales países suministradores son México, España, Turquía e Irán. Otros productores de carbonato de estroncio son Alemania, México y EEUU.

La demanda comercial de estroncio ha sufrido cambios recientes, por la presencia en el mercado de pantallas planas (tecnologías FPD (*Flat Panel Display*), TFT-LCD, *Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display*, OLED, *Organic Light Emitting Diode*) para monitores de TV, ordenador o radar, como sustitutivas de las pantallas en color CRT². Este cambio tecnológico tiene profundo impacto en Europa y Estados Unidos; en este segundo país, por ejemplo, ha provocado el cierre de numerosas industrias de vidrio para pantallas de TV. No obstante en otros mercados mundiales los tubos de vacío para TV mantienen posición dominante, siendo lenta la citada sustitución tecnológica.

En el presente destacan, por orden alfabético, como países con mayor capacidad de producción de manufacturados químicos de estroncio, Alemania, Bélgica, Canadá, China, R. de Corea, EEUU, Holanda, India, Italia, Japón, México, Reino Unido y Sudáfrica. Asimismo, con mediana o pequeña capacidad industrial figuran Argentina, España, Irán, Marruecos, Paquistán y Turquía.

Aparte de los tubos de vacío para TV, otras aplicaciones de compuestos de estroncio se centran en la pirotecnia (nitrato, carbonato, clorato, oxalato y sulfato), tanto en el sector civil como militar; en eliminación de impurezas en procesos de refinado electrolítico del cinc; como aditivos para pinturas de recubrimiento de aluminio (barcos, aeronaves); en fundición de determinadas aleaciones (mejora la fusión y maquinabilidad de piezas moldeadas). Otros usos se encuentran en la microelectrónica, farmacopea y electrotecnia.

Como aplicación de proyección futura está el empleo de compuestos de estroncio en la fabricación de relojes atómicos. La tecnología supone el empleo de matrices láser súper refrigeradas, que soportan átomos de estroncio, en la producción de los pulsos de muy elevada precisión, y su aplicación se sitúa en la sincronización de redes de telecomunicación, de navegación y posicionamiento de gran precisión. Otra tecnología avanzada, en fase de estudio, donde podría llegar a emplearse el estroncio es la de dispositivos de almacenaje para ordenadores cuánticos (*USGS, 2007 Minerals Yearbook; Strontium. Advance release, october 2008*).

2.1.- PRODUCCIÓN MINERA

A partir de las referencias recogidas en publicaciones internacionales (*USGS, BGS*) se puede seguir la evolución anual de la minería del estroncio en los principales países productores, tal como se indica en el cuadro siguiente.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MINERAL DE ESTRONCIO (t de concentrado)

² En el vidrio de tubos de vacío CRT (*Cathode Ray Tube*) puede incluirse hasta un 8% de estroncio, cuyo papel es el de filtro de radiación al exterior de Rayos X.

	2003	2004	2005	2006	2007e
España (*)	153 760	206 000	336 630	272 000	149.112
China	-	500 000	700 000	180 000	190 000
México	130 329	87 610	110 833	125 000	125 000
Turquía	70 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Irán	-	7 500	7 500	7 500	7 500
Argentina	4 300	6 727	7 233	7 500	7 500
Marruecos	2 700	2 700	2 700	2 700	2 700
Paquistán	27	570	1 855	1 900	1 900
TOTAL	359 739	871 108	1 080 121	584 600	543 712

Fuentes: *World Mineral Statistics 2001-2005*, BGS, ed. 2007. *USGS Minerals and Materials Information*, July 2007-08.
 (*) elaboración propia (E. Minera provisional, empresas); e: estimado

En Estados Unidos, donde las mineralizaciones de estroncio de posible interés económico han sido clasificadas como reservas estratégicas, no se lleva a cabo desde hace años su extracción minera. A través de una planta filial de *Chemicals Products Corp. CPC*, ubicada en Reynosa, México, produce carbonato y nitrato de estroncio. Otras empresas químicas dentro de su territorio nacional fabrican partidas reducidas de compuestos de estroncio. El país importó, en 2007, concentrado mineral de celestina de México (1 230 t), carbonato de estroncio elaborado de Bélgica, China, Alemania, Italia, Japón, México, España y Reino Unido (11 300 t), estroncio metal de Canadá, Alemania, Japón, República de Corea, Holanda y Sudáfrica (454 t), óxido, hidróxido y peróxido de China, Alemania y Japón (86,3 t), y nitrato de estroncio de China, Alemania, India, Japón, México y España (3 170 t).

En los Estados de Coahuila y Zacatecas, en México, cuya producción de concentrado de mineral de estroncio se estima, para 2007, en 125 000 t, se encuentran los principales focos productivos. Gran parte del concentrado se exporta, por vía férrea, hasta EEUU, y por barco a otros países. México también suministra carbonato de estroncio, más del 35% de la producción mundial, y otros derivados químicos obtenidos entre otras en las plantas de *Chemical Products Corp.*, en Reynosa (Tamaulipas), *Cía. Minera La Valenciana S.A. (CMV)*, en San Agustín y Torreón (Coahuila), *Solvay Química y Minera S.A. de CV* San Pedro (Coahuila) y Monterrey (Nuevo León), y *Minera La Roja S.A.* también en Coahuila.

China produce concentrado mineral (en 2007, en torno a 190 000 t) así como carbonato y otros compuestos de estroncio. Los yacimientos minerales de celestina se caracterizan como de bajas leyes medias, aunque son numerosos. Ha incrementado recientemente sus importaciones de concentrado mineral procedente de Irak.

Turquía obtiene concentrados minerales de estroncio (9 000 t en 2007). La operadora *Barit Maden Turk AS* explota un yacimiento en la provincia de Sivas, al E de Ankara. Se registra exportación de mineral a la República de Corea y a China.

Irán, con *Bario Chimie* como empresa de referencia fabricante de compuestos de estroncio, ha intensificado en los últimos años sus exportaciones. La firma *Iran Strontium Co.* dispone de una planta de preparación de concentrado mineral en Molkabad.

En el norte de África se ha realizado minería de estroncio en dos países, Argelia y Marruecos. La producción argelina de celestina, que era obtenida a través de la firma *Enterprise Nationale des Produits Miniers Non-Ferroux et des Substances Utiles (ENOF)*, en el área de Beni Mansour, ha dejado de registrarse en los balances estadísticos. Marruecos, que explota celestina en los sectores de Taounate y Ksar el Kebir, es país exportador de concentrado mineral.

Dentro de la Unión Europea sólo España es país productor de mineral de estroncio.

2.2.- CONSUMO DE MINERALES

El consumo en años recientes de compuestos de estroncio se indica en la tabla siguiente

PORCENTAJES DE CONSUMO ANUAL DE ESTRONCIO EN EEUU (POR CAMPOS DE APLICACIÓN)			
Aplicación	2006	2007	2008
- Producción de cinc electrolítico	4	10	
- Imanes cerámicos de ferritas	18	30	
- Aleaciones especiales	7	10	
- Pigmentos y cargas	5	10	
- Pirotecnia y señales	30	30	
- Tubos de TV en color	30	-	
- Otros	6	10	
TOTALES	100	100	100

2.4.- LOS PRECIOS

Los concentrados de estroncio de diversas procedencias empezaron a cotizar en *Industrial Minerals (IM)* en octubre de 2002. Como única referencia disponible hasta esa fecha, se adjuntan los valores medios fob de las importaciones de celestina efectuadas por Estados Unidos, procedentes en su totalidad de México, según el *USGS*, así como los de las de carbonato y nitrato y, desde 2004, del metal. Es de destacar la notable discrepancia entre los valores indicados por *IM* para el mineral mexicano enviado a EEUU y los publicados por el *USGS* para el concentrado recibido en EEUU desde México, siendo ambos fob en el puerto mexicano de embarque.

	2004	2005	2006	2007	2008
Celestina					
- México, 94% SrSO ₄ , fob a EEUU, \$/t	80-100	80-100			
- España, 96% SrSO ₄ , fob Motril, \$/t	50-60	53,3-62			
- Turquía, 96% SrSO ₄ , fob Iskenderun, \$/t	65-80	65-80			
- Marruecos, 94% SrSO ₄ , fob Nador, \$/t	49,8-55,6	54-56			
- Valor medio import. EEUU, fob, \$/t *	53	56	64	67	64
Compuestos **					
- Carbonato, precio medio import. EEUU, \$/kg	0,36	0,39	0,49	0,57	0,67
- Nitrato, id. id. id. id., \$/kg	1,52	0,89	0,87	1,03	1,14
- Estroncio metal, id. id. id. EEUU, \$/kg	4,94	2,87	2,94	3,15	4,66

Fuentes: Industrial Minerals * Min. Comm. Summaries 2009, USGS ** Min. Yearbook 2004-2008, USGS

Los precios a pie de mina del concentrado mineral de celestina producido en España han oscilado, en 2007 y 2008, entre 25 € y 35 €.

Los precios de concentrados de mineral de estroncio, básicamente celestina, cuyo registro regular por *Industrial Minerals (EEUU)* data de 2002, se reflejan en el siguiente cuadro.

	2003	2004	2005	2006	2007
<u>Concentrados de celestina</u>					
- México, 94% SrSO ₄ , fob a EEUU, \$/t	75,8-94,2	80-100	80-100	-	-
- España, 96% SrSO ₄ , fob Motril, \$/t	40-60	50-60	53,3-62	-	-
- Turquía, 96% SrSO ₄ , fob Iskenderun, \$/t	65-80	65-80	65-80	-	-
- Marruecos, 94% SrSO ₄ , fob Nador, \$/t	44-55	49,8-55,6	54-56	-	-
- Valor medio importación EEUU, fob, \$/t *	57	53	56	64	68
<u>Compuestos de estroncio **</u>					
- Carbonato, precio medio import. EEUU, \$/kg	0,48	0,36	0,39	0,49	-
- Nitrato, precio medio import. \$/kg	2,95	1,52	0,89	0,87	-
- Estroncio metal, precio medio import. EEUU, \$/kg	sd	4,94	2,87	2,94	-

Fuentes: Industrial Minerals * Min. Comm. Summaries 2008, USGS. ** Min. Yearbook 2003-2006, USGS