

Geotermia y minerales de Larderello y Sasso Pisano, valle de Cecina, Toscana, Italia

Luigi LA ROTONDA
Grup Mineralògic Català
Barcelona, España
peixglobus@yahoo.es

RESUMEN

Tanto en Larderello como en Sasso Pisano, entre otras zona del valle de Cecina, en la Toscana, se dan diversos fenómenos geotermiales que han sido aprovechados desde antiguo con diversas finalidades económicas. El más importante de estos fenómenos es el de los *soffioni boraciferi*, emisiones a alta temperatura de fluidos constituidas mayoritariamente por vapor de agua, con anhídrido carbónico, sulfuro de hidrógeno, metano y otras sustancias, entre las cuales destacan las sales de boro. Otro fenómeno interesante es el de los *lagoni* (o *putizze*).

La expresión *soffioni boraciferi* significa 'sopladores de bórax', por ser este mineral el más importante entre las sales de boro que emanan al exterior.

Los boratos se han empleado como fundentes desde la Antigüedad, en la fabricación de vidrio, y para la obtención de ácido bórico, cuya explotación fue iniciada por François Jacques de Larderel en 1818. Después, en 1904, el príncipe Ginori Conti pasó a aprovechar la producción geotérmica para también generar energía eléctrica.

Además del bórax, otros boratos presentes en Larderello son: amonioborita, biringuccita, larderellita, nasinita, santita y sborgita. De todos ellos Larderello es la localidad tipo, mientras que Sasso Pisano lo es de la sassolita (ácido bórico mineral) y de la ginorita. Todos estos minerales se presentan en costras y agregados masivos a terrosos, también globulares o estalactíticos, a excepción del bórax, que puede aparecer en cristales de hasta varios centímetros. Otros minerales destacables de la zona son el rejalgar y el azufre.

PALABRAS CLAVE

Larderello, Sasso Pisano, valle de Cecina, Toscana, fenómenos geotermiales, *soffioni boraciferi*, bórax, larderellita, nasinita, sassolita, rejalgar, azufre.

ABSTRACT

Both in Larderello and Sasso Pisano, among other areas of the Cecina Valley, in Tuscany, there are various geothermal phenomena that have been exploited since ancient times for various economic purposes. The most important of these phenomena is the soffioni boraciferi, high temperature emissions of fluids consisting mainly of water vapor, with carbon dioxide, hydrogen sulfide, methane and other substances, among which the boron salts stand out. Another interesting phenomenon is that of the lagoni (or putizze).

The expression soffioni boraciferi means 'borax blowers', as this mineral is the most important among the boron salts that emanate to the outside.

The borates have been used as fluxes since Antiquity, in the manufacture of glass, and for the production of boric acid, whose exploitation was started by François Jacques de Larderel in 1818. Later, in 1904, Prince Ginori Conti went on to take advantage of geothermal production to also generate electricity.

In addition to borax, other borates present in Larderello are: ammonioborite, biringuccite, larderellite, nasinite, santite and sborgite. Of all of them Larderello is the type locality, while Sasso Pisano is the sassolite (boric acid mineral) and the ginorite. All these minerals are present in crusts and aggregates massive to earthy, also globular or stalactitic, with the exception of borax, which can appear in crystals of up to several centimeters. Other notable minerals of the area are the realgar and sulfur.

KEYWORDS

Larderello, Sasso Pisano, Cecina valley, Tuscany, geothermal phenomena, soffioni boraciferi, borax, larderellite, nasinite, sassolite, realgar, sulfur.

Introducción

La Toscana es una región italiana con muchas minas, en activo y cerradas, de modo que este trabajo está limitado geográficamente a un área del valle de Cecina (el cual ocupa zonas de las provincias de Pisa, Siena, Grosseto y Livorno), un valle rico en minerales y caracterizado por fenómenos volcánicos de superficie, cuyo elemento peculiar está constituido por los

llamados *soffioni boraciferi*, violentas emanaciones de vapor que surgen del subsuelo.

A diferencia de otros territorios italianos, por ejemplo el área vesubiana o la flegrea, donde los fenómenos volcánicos han caracterizado la historia de los lugares sin modificar su economía, la presencia de estos fenómenos naturales en el valle de Cecina ha dado origen a un uso intensivo de estos característi-

cos recursos y a la construcción de estructuras para su explotación que, como veremos, tuvo inicio ya en la época etrusco-romana para continuar durante toda la Edad Media. [ref. 1]

Los fenómenos geotérmicos del valle de Cecina

En el valle de Cecina, y en particular en Larderello y alrededores, nos hallamos en presencia de una naturaleza ancestral, que se manifiesta de manera muy visible a través de fenómenos naturales a los que localmente se les han dado nombres característicos como *soffioni boraciferi*, *putizze* o *lagoni*, que han llevado a llamar esta área “Valle del Diavolo”, mucho antes de que el territorio fuera profundamente modificado para explotar estos elementos naturales con finalidades económicas.

Área de estudio

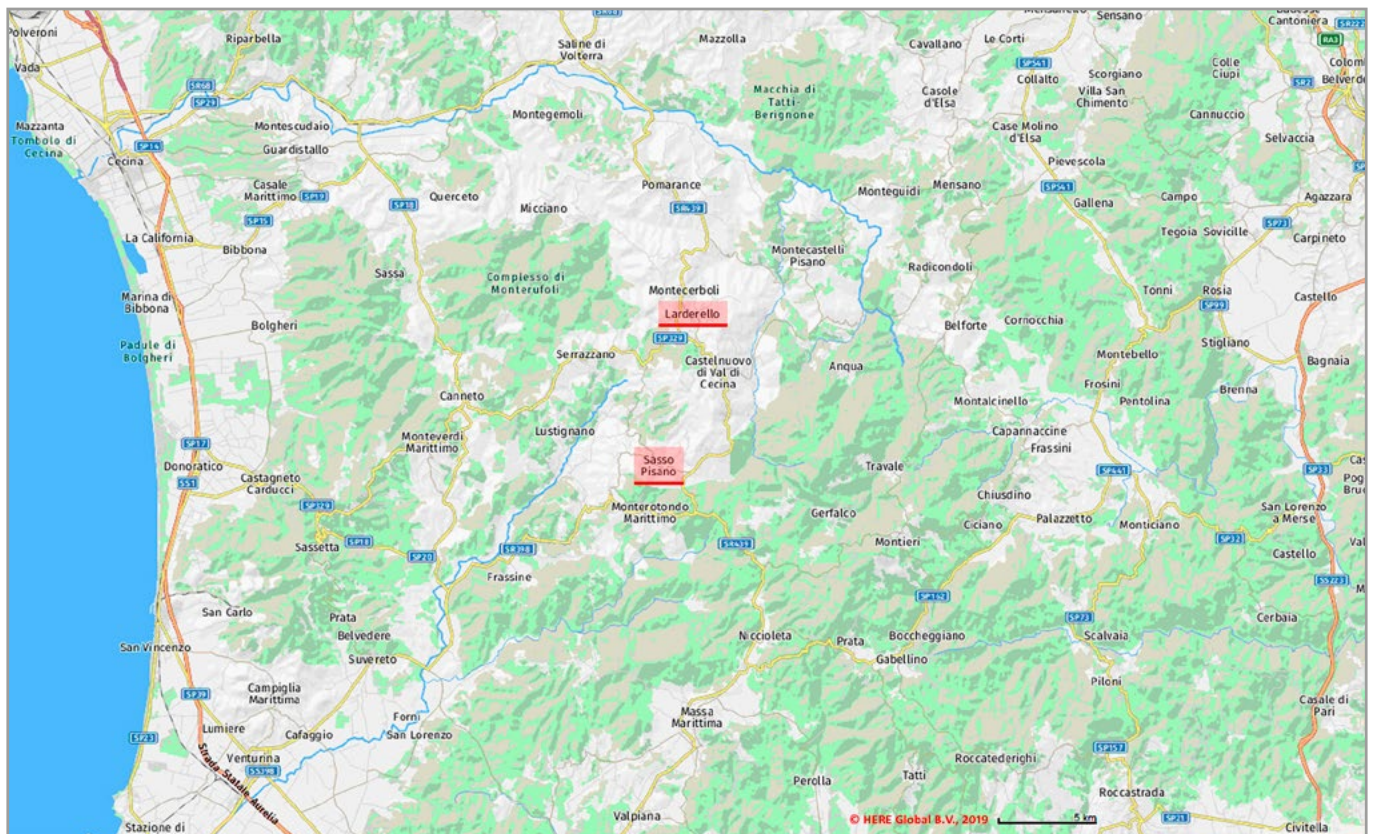
Tres localidades del valle de Cecina, ubicadas en dos municipios de la provincia de Pisa, permiten explicar claramente cómo la presencia de estos fenómenos geotérmicos, ligados al vulcanismo, ha caracterizado la vida del área:

- En primer lugar, Montecerboli (en el municipio de Pomarance) cuyo nombre podría derivar del latín *Mons Cerberi* (Monte de Cerbero), el conocido guar-

dián del Más allá nombrado en la Divina Comedia de Dante, o de *Mons Cervuli* (Monte del Ciervo). La primera lectura parece más apropiada, no solo por razones lingüísticas, sino también porque el pueblo, enrocado sobre una colina de roca eruptiva conocida con el nombre de *grabbro*, parece dominar la zona situada por debajo, donde la gran cantidad de vapores blancos y fumarolas debidas a la actividad volcánica le confieren al paisaje el aspecto de un “infierno dantesco”. [ref. 2]

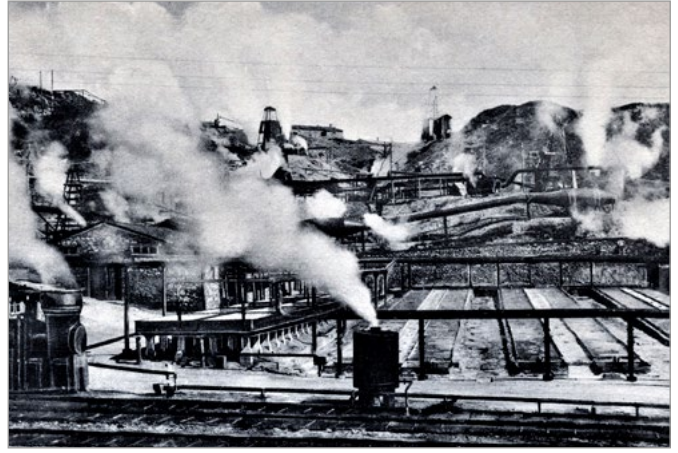
- En segundo lugar, Sasso Pisano (en el municipio de Castelnuovo Val di Cecina) [ref. 3] y su territorio, que se ha conservado en gran parte incontaminado. Por todas partes pueden verse muchísimos manantiales de aguas calientes y nubes de vapor aflorando de la tierra, donde el azufre provoca el clásico olor a huevos podridos. También este pueblo podría proponerse como candidato a escenario donde representar la Divina Comedia. Además del aspecto geológico, aquí hay que hacer referencia al aspecto histórico. Yendo hacia Leccia, en la finca de Il Bagno se encuentra un asentamiento etrusco-romano con restos de un establecimiento termal. Podría tratarse, como veremos, del *Aquae Populoniae* o *Aquae Voloternas* del que habla Plinio el Viejo (23-79 d.C.) [ref. 4] y que se encuentra en el segmento IV de la *Tabula Peutingeriana* [ref. 5], el conocido mapa mi-

Mapa de ubicación de Larderello (municipio de Pomarance) y Sasso Pisano (municipio de Castelnuovo di Val di Cecina). Fuente: wego.here.com.





Montecerboli y, al fondo, Larderello con sus centrales geotérmicas 'Larderello 2' y 'Larderello 3'.
Fuente: www.museivaldicecina.it.



Vista de un complejo de *soffioni* en Sasso Pisano (hacia 1920). Fuente: web Mindat (© Lamberto Pierattini).

litar del siglo III d.C., para el que tenemos copias de los siglos XII y XIII.

- Por último, y más importante, Larderello (en el municipio de Pomarance) [ref. 6], ubicado en las Coline Metalifere (Colinas Metalíferas). Su nombre deriva del ingeniero de origen francés François Jacques de Larderel (1789-1858), que vivió en Livorno desde 1799 y que, como veremos, en 1818 empezó a modificar la historia y la economía de este territorio.

Los *soffioni boraciferi* y los *putitze* o *lagoni*

El paisaje está caracterizado por una parte por los *soffioni boraciferi* que salen de cortes naturales en el terreno, o de los agujeros hechos por las perforadoras mecánicas, y por otra parte por las imponentes chimeneas de las centrales geotérmicas que emiten columnas de vapor blanco, el mismo que surge de las entrañas de la tierra y es aprisionado en una intrincada red de tuberías que lo conducen a las centrales térmicas.

Soffioni boraciferi en el municipio de Pomarance.
Fuente: www.volterrafollonica.it (foto: Sartori Fabio).



Los *soffioni boraciferi* son emisiones de fluidos constituidas en un 95 % por vapor de agua y el resto por anhídrido carbónico, sulfuro de hidrógeno (del que deriva el olor a huevos podridos), metano y otras sustancias, entre las cuales destacan las sales de boro. Las emisiones pueden llegar a una temperatura de entre 130 °C y 160 °C y a una presión comprendida entre 4 y 14 atmósferas.

Aunque es el más espectacular, en realidad, no es el único fenómeno geotérmico existente en la región. Junto a estas violentas emisiones de vapor de agua que surgen de fisuras naturales o artificiales del suelo, pueden observarse fumarolas (*fumarole* en italiano), efluvios de gases a alta temperatura que emanan lentamente del subsuelo. Si estos gases contienen ácido sulfúrico, a nivel local estos fenómenos reciben el nombre de *putitze* o *lagoni* [ref. 7].

El territorio en la historia y la geotermia

Las primeras noticias sobre las características del territorio en examen se remontan al s. III a.C. y son

Lagoni o *putitze* cerca de Sasso Pisano.
Foto: Jovita Ferrer.



narradas por Licofronte di Calcis, el cual, hablando de la presencia de aguas calientes en la zona etrusca (tal vez se refiera a los *soffioni boraciferi*), hace referencia al río Lingeus [ref. 8]. Este río fue identificado con el actual río Cornia por Filippo Cluviero en *Italie Antiquate descriptio* del año 1626 [ref. 9].

En este contexto, es interesante constatar, como claro ejemplo de explotación de los fenómenos naturales, la presencia en el territorio, y en particular en la zona de Sasso Pisano, de baños termales de época etrusco-romana (complejo termal Il Bagno). Excavaciones arqueológicas (1985) realizadas entre Volterra y Populonia han sacado a la luz, en las inmediaciones de los ríos Cecina y Cornia (antiguo Lingeus), una extensa área sacro-termal que estuvo activa entre finales del siglo III a.C. y el siglo III d.C. Dichas estructuras están relacionadas con los fenómenos naturales de los *soffioni* y de las aguas calientes naturales, tanto en lo que se refiere al culto (dioses de la tierra) como en lo que se refiere al aprovechamiento de las instalaciones termales, que estaba estrechamente relacionado con dichos fenómenos.

Desde el punto de vista geopolítico, la identificación de esta localidad, que actualmente se llama Bagno, no es segura. Según algunos textos epigráficos podría corresponder a *Aquae Populoniae*, cerca de la antigua ciudad de Populonia, aunque los reconocimientos topográficos parecerían indicar que se trata de *Aquae Volaternas*, con lo que estaría relacionada con la ciudad de Volterra. Pero, dejando estos problemas a los arqueólogos, lo que resulta realmente interesante constatar es que los hallazgos arqueológicos nos confirman la utilización de la geotermia ya en una época tan antigua [ref. 10].

No es necesario recordar la presencia, también durante la Edad Media, de innumerables termas que fueron famosas por sus poderes medicamentosos. Cito entre ellas, Bagno al Morbo, junto a Larderello [ref. 11] y Bagni del Re, cerca de Populonia [ref. 12].

El aprovechamiento de las propiedades geotérmicas

del territorio [ref. 13] a gran escala, en particular en Larderello, empezó a principios del siglo XX, cuando el príncipe Ginori Conti pasó a dirigir la fábrica fundada por François Jacques de Larderel (tema que se detallará más adelante), diversificando la producción y convirtiendo Larderello en el primer lugar en el mundo donde la energía geotérmica natural, utilizada hasta entonces sólo para producir ácido bórico, talco y carbonato de amonio para la industria farmacéutica, empezó a utilizarse para generar energía eléctrica [ref. 14]. Con el paso de los años se fue haciendo cada vez más evidente la importancia de la energía geotérmica como fuente renovable hasta llegar, en 1958, a la construcción de una enorme central eléctrica de la Compañía ENEL.

Actualmente el panorama del “Valle del Diavolo” se caracteriza por la intrincada maraña de los conductos de canalización del vapor (*vapordotti* o vaporductos) y las enormes torres de condensación, que le han cambiado la cara al paisaje infernal de otros tiempos.

Existen interesantes documentales sobre el “Valle del Diavolo”, entre los que destaca uno bastante curioso de 1932 en el cual, quizás gracias a la participación activa del príncipe Ginori Conti en la política fascista, se exalta el descubrimiento de un nuevo *soffione* [ref. 15]. Muy exhaustivo es otro documental más reciente (2011), del que recomiendo la visión [ref. 16].

Los minerales

Vamos a limitar la lista de minerales citados a Larderello y Sasso Pisano [ref. 17] (ya que Montecerboli no aparece en Mindat), con especial detalle a los boratos, por su clara implicación con la geotermia y el desarrollo económico de la zona.

Los boratos en el área de estudio

Los boratos son los minerales más relacionados, por génesis, con los procesos de geotermia ligados a los *soffioni boraciferi* en todo el valle de Cecina.

El término *boraciferi* es el plural de *boracifero*, cuya

Complejo termal etrusco-romano de Il Bagno, en Sasso Pisano.
Foto: Jovita Ferrer.



Complejo termal etrusco-romano de Il Bagno, en Sasso Pisano.
Foto: Jovita Ferrer.





Central geotérmica 'Valle Secolo', junto a Larderello.
Foto: Jovita Ferrer.



Instalaciones de la central próxima al parque geotérmico de Le Biancane, en Monterotondo Marittimo, al sur de Sasso Pisano.
Foto: Jovita Ferrer.

etimología es muy significativa: de 'borace' + terminación -ífero, siendo 'borace' el equivalente italiano a 'bórax' [ref. 18]. Por tanto, literalmente, estaríamos hablando de los 'sopladores de bórax' o 'sopladores borácicos' ('boracífero' no se acepta en castellano); el término *soffioni* admite otras traducciones, como 'rociadores' o 'chorros'.

Seguidamente voy a resumir la importancia, desde muy antiguo, del bórax (y otros boratos) como fundentes en la fabricación de vidrio y como fuentes para la obtención de ácido bórico, así como su relevancia en el área de estudio. Después veremos los boratos minerales que actualmente aparecen en dicha área y finalmente, como punto aparte, se hablará de la sassolita (ácido bórico natural).

Los boratos como fundentes y como fuente de ácido bórico

Sabemos que los fundentes más utilizados por los antiguos alfareros son los álcalis, el plomo y los boratos (y el ácido bórico), de los que derivan los vidriados alcalinos, plumbíferos y bóricos. Los porcentajes de los fundentes son muy variables. Los vidriados alcalinos y bóricos estuvieron más difundidos en Mesopotamia y Egipto, por la abundancia de materias primas como el natrón o el bórax, mientras que en Occidente se utilizaron más los vidriados plumbíferos, también

de antigua tradición oriental, al principio como ornamento de cerámicas procedentes de Asia Menor y más adelante, en época augusta (siglos I a.C. a I d.C.), como producción local de varios talleres artesanales en Italia, Galia y en las provincias transalpinas. Como en Occidente es difícil hallar álcalis y boratos, aquí el óxido de plomo triunfó y ha ido manteniendo el primado a lo largo de los siglos [ref. 19].

Resulta muy interesante observar como, debido a la escasez de fundentes locales, la industria del vidrio en Italia desde la época romana hasta el siglo XIV recurrió al vidrio reutilizado o a panes de vidrio importados de Oriente, que se refundían en hornos especializados y permitían que la elaboración fuese más fácil y barata. Entre los pocos hornos de vidrio descubiertos en Italia está el que se encontró en Pozzuoli (pág. 9): «La actividad de este horno se conocía hasta hace poco sólo indirectamente, gracias a un epígrafe del siglo IV d.C., encontrado junto a una estatua que hacía referencia a la *Regio clivi vetrari sive vici turrari*. Recientemente se halló la cámara de combustión (de 33 cm de altura) de un horno de vidrio en la Via Ragnisco, que es la misma calle donde se encontró la estatua. El horno está situado en la esquina de una habitación preexistente. Al parecer en este taller se refundían panes de vidrio, aunque no está claro qué clase de objetos se producían. Análisis realizados

Museo della Geotermia, en Larderello: incrustaciones con sales bóricas típicas de los *lagoni* (de 1858).
Foto: Jovita Ferrer.



Museo della Geotermia, en Larderello: incrustaciones con sales bóricas, que acababan por embozar el interior de los tubos de conducción (de 1890). Foto: Jovita Ferrer.



sobre residuos de elaboración han demostrado que el vidrio elaborado es del tipo sódico-cálcico y, por tanto, el más común en época romana. El periodo de producción del horno puede datarse entre finales del siglo III y principios del siglo IV» [ref. 20]. El horno fue hallado en Pozzuoli durante excavaciones arqueológicas que yo mismo conducía en 1995, cuando trabajaba para la Soprintendenza Archeologica di Napoli.

Pero volviendo al área geográfica que se está examinando, es solamente a partir del siglo XIX que esta empezó a sufrir una modificación total, promovida por una especie de revolución industrial que tuvo como centro el pueblo de Larderello, y que fue causada por el descubrimiento que el químico alemán Hubert F. Höfer, el «director de las especierías de S.A.R., el serenísimo gran duque de Toscana» (como él mismo se hacía llamar en el raro librito publicado en Florencia en 1778 por Cambiagli), realizó en 1777: la existencia de ácido bórico, que él llamó *sal sedativa* o *tinkal etrusco*, en el *lagone* conocido como Cerchiaio, junto a Monterotondo (en la actual provincia de Grosseto).

François Jacques de Larderel inició la explotación del ácido bórico en los soffioni con fines industriales y comerciales, para lo cual en 1818 ideó la técnica para

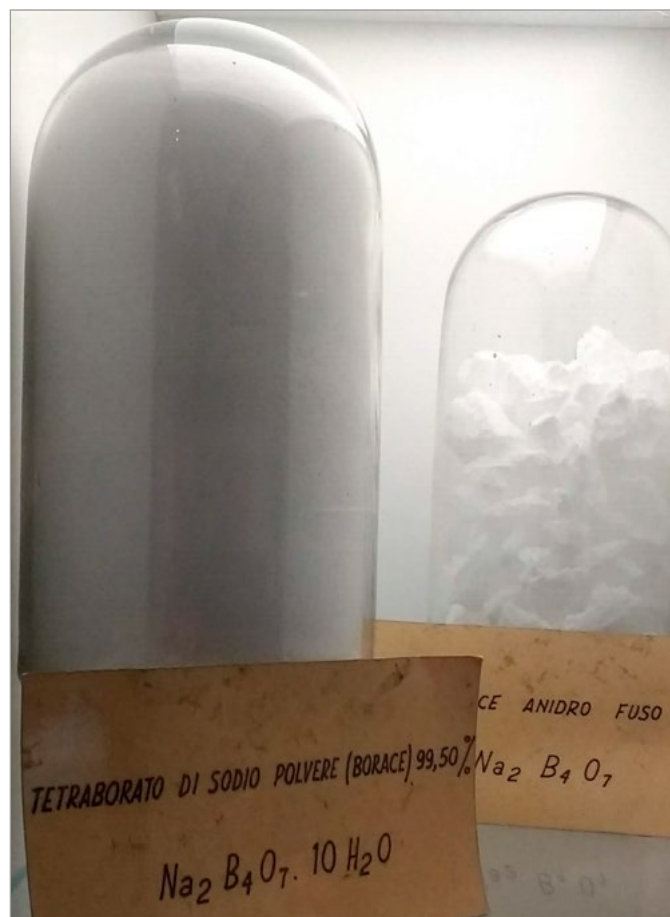
canalizar el vapor que emitían los *lagoni* y conducirlo a las calderas de evaporización, necesarias para extraer el ácido bórico de los barros naturales ricos en sustancias bóricas. Tras su muerte en 1858, su hijo Federico Francesco se hizo cargo de la empresa, hasta 1876, cuando fue sucedido por su hijo Francesco Floriano, quien en 1883 mejoró el proceso y consiguió aumentar la cantidad de vapor extraído. La producción entró en crisis a finales del siglo XIX, a causa de la competencia de la industria americana, que producía a menor coste. En 1904 el príncipe Ginori Conti se hizo con el control de la fábrica (se había casado con la hija de Francesco Floriano de Larderel) y pasó a aprovechar la producción geotérmica para generar energía eléctrica, como se ha dicho antes. [ref. 21]

Actualmente los boratos siguen siendo utilizados para la producción de algunos vidrios especiales (probetas y ampollas), para el instrumental de los laboratorios químicos, para fabricar jeringas (por ejemplo, para los vidrios Duran o Schott), para convertir en inertes las escorias radioactivas, etc.

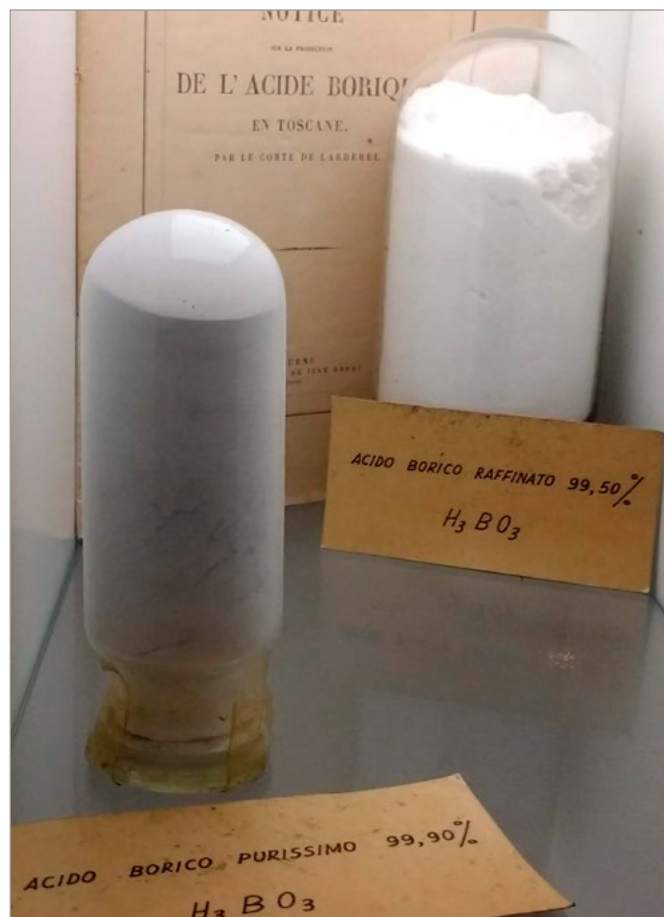
El bórax y otras especies de boratos

El bórax es el borato más importante entre los empleados como fundentes y también para la obtención

Museo della Geotermia, en Larderello: tetraborato de sodio (bórax) en polvo. Foto: Jovita Ferrer.



Museo della Geotermia, en Larderello: ácido bórico en polvo. Foto: Jovita Ferrer.





Museo della Geotermia, en Larderello: azufre nativo de Libbiano, Pomarance. Foto: Jovita Ferrer.



Museo della Geotermia, en Larderello: bórax cristalizado de Larderello. Foto: Jovita Ferrer.

de ácido bórico. Su fórmula es $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. El nombre procede del árabe *búraq* i del persa *búrah*, que significa 'blanco'. Agricola (s. XVI) lo llamó *burac* o *aurac*. El nombre definitivo, *borax*, se debe a Wallerius (1748). En Mindat se cita sólo en Larderello, donde aparece como agregados con cristales prismáticos a prismáticos-tabulares, de hasta varios centímetros, incoloros (blanquecinos por deshidratación superficial, que acaba por formar tincalconita), también masivo.

En Larderello, el bórax aparece junto a otros boratos y sassolita. Entre estos otros boratos, además de kernita, tincalconita (procedente de la deshidratación del bórax) y ulexita, hay que destacar los que fueron allí descubiertos:

Amonioborita (*ammonioborite*): $(\text{NH}_4)_3[\text{B}_{15}\text{O}_{20}(\text{OH})_8] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Biringuccita (*biringuccite*): $\text{Na}_2[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})] \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Larderellita (*larderellite*): $(\text{NH}_4)_3[\text{B}_5\text{O}_7(\text{OH})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Nasinita (*nasinite*): $\text{Na}_2[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Santita (*santite*): $\text{K}_2[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Sborgita (*sborgite*): $\text{Na}[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

En Sasso Pisano:

Ginorita (*ginorite*): $\text{Ca}_2[\text{B}_{14}\text{O}_{20}(\text{OH})_6] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Todos estos boratos son raros, en comparación con el bórax, y poco atractivos. Son de color blanco o incoloros y aparecen en agregados masivos a costrosos, a menudo terrosos, muy raras veces cristalizados (destaca la larderellita, en grupos y agregados globulares a irregulares formados por pequeños cristales tabulares de contorno más o menos rómbico).

El ácido bórico natural (sassolita)

Mención aparte merece la sassolita, por no tratarse estrictamente de un borato (cuestión discutible), una de las especies minerales más representativas de la

Bórax de Larderello. Ejemplar de 8 x 6 cm. Col. y foto: Leon Hupperichs.



Bórax de Larderello. Ejemplar de 16 x 12 cm. Col. y foto: Davide Arduini.





Larderellitita de Larderello. C.V. 4 mm.
Col. y foto: Thomas Witzke.



Larderellitita de Larderello. C.V. 5 mm.
Col. y foto: Elmar Lackner.

zona. La sassolita es el ácido bórico (o hidróxido de boro) natural, de fórmula H_3BO_3 (como ácido bórico) o $B(OH)_3$ (como hidróxido).

En 1800, el alemán D.L.G. Karsten pasó a denominar *sassolit* al ácido bórico natural (mineral), y de aquí deriva el nombre IMA válido actualmente, *sassolite*. En italiano también es *sassolite* y en castellano, sassolita. Este nombre se debe a la localidad ya citada de Sasso Pisano, en Castelnuovo Val di Cecina. Literalmente, sassolita significa 'piedra de Sasso'.

Aparece mayoritariamente en costras y agregados masivos blanquecinos a amarillentos o parduscos (por impurezas), a veces globulares a estalactíticos, de aspecto casi terroso, y también en cristales tabulares incoloros a blancos, pseudo hexagonales, de un tamaño de hasta varios milímetros.

Otros minerales del área de estudio

Los boratos (sobre todo el bórax) y la sassolita son

los minerales más representativos de la zona. Pero hay otros que también tienen una génesis ligada a los procesos geotermales.

En Larderello, el más interesante, por la belleza de sus muestras, es el rejalgar, que aparece en grupos de cristales prismáticos diminutos (de hacia 1 mm o menos), de intenso color rojo, generalmente acompañados de sassolita.

Fuera de Larderello, pero en el mismo municipio de Pomarance, destacan la minas de antimonio de Micciano (estibnita, klebelsbergita, peretaíta, valentinita...). Otros: magnesita (en Monterufoli) y yeso (en Podere Montecacciaia).

En Saso Pissano hay que citar el azufre y la molisita (un cloruro de Fe, masivo y en costras, de color amarillento a rojizo o pardusco).

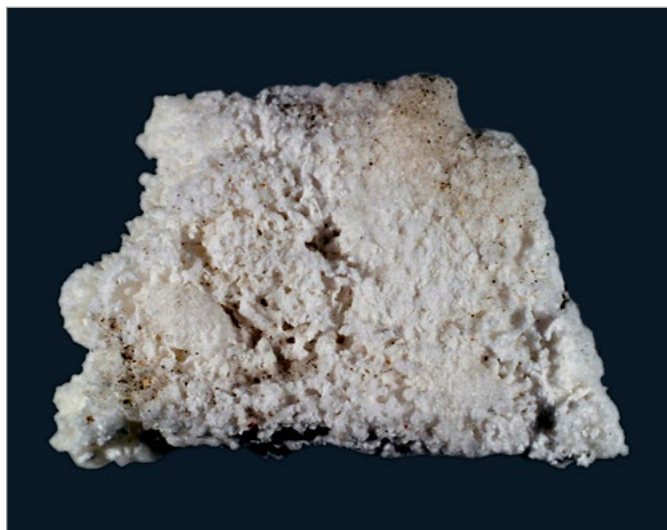
En el resto del municipio de Castelnuovo Val di Cecina: aragonito e hidromagnesita (en Monecastelli Pisano).

Larderellitita de Larderello. Ejemplar de 11 x 5 cm.
Col. y foto: Giovanni Scapin.



Nasinita, en mezcla con biringuccita y con thenardita, de Larderello. Ejemplar de 1 x 0,9 cm. Col.: Excalibur Mineral Co.; foto: Jeff Weissman.

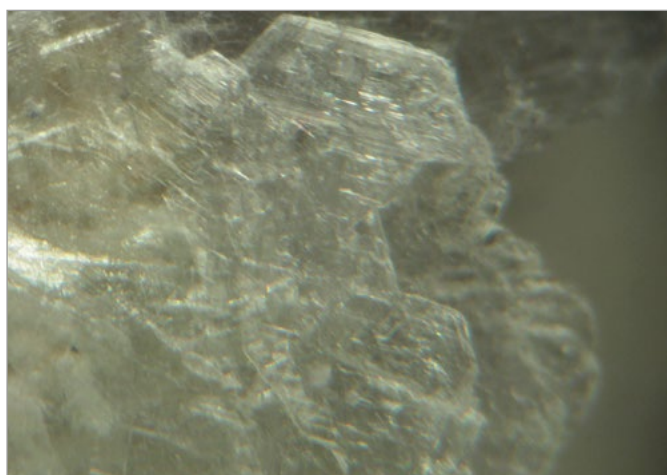




Sassolita de Sasso Pisano. Ejemplar de 1,5 x 1,3 cm.
Col. y foto: Jeff Weissman.



Sassolita de Larderello. Ejemplar de 2 x 1,5 cm.
Col. y foto: Christopher O'Neill.



Sassolita de Sasso Pisano. C.V. 10 mm.
Col. y foto: Luigi Chiappino.



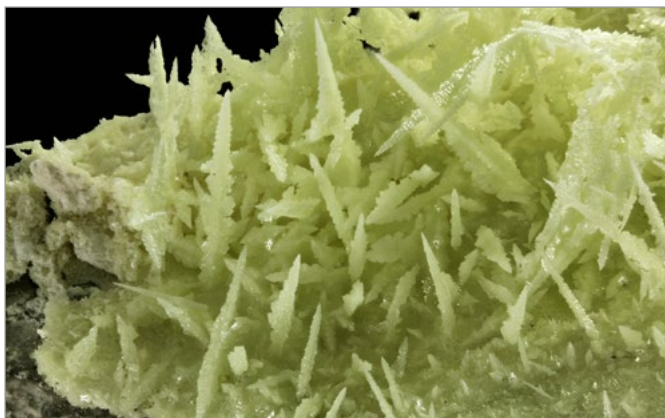
Rejalgar, con sassolita, de Larderello. C.V. 1,3 mm.
Col.: Domenico Preite; foto: Matteo Chinellato.

Rejalgar, con sassolita, de Larderello. C.V. 0,9 mm.
Col.: Domenico Preite; foto: Matteo Chinellato.



Azufre de Sasso Pisano. C.V. 16 mm.
Col. y foto: Cristian Biagioni.





Azufre de Sasso Pisano. C.V. 26 mm.
Col. y foto: Matteo Chinellato.



Molisita de Sasso Pisano. Ejemplar de 2,5 x 2,5 cm.
Col.: Excalibur Mineral Co.; foto: Jeff Weissman.

Agradecimientos

A José Luis Garrido, por la revisión del artículo y por la ampliación del apartado dedicado a los minerales. A Joan Manuel Ybarra, por conseguir los permisos para publicar las fotos de minerales.

Referencias (webs)

1. <http://www.ciaotoscana.it/luoghi-e-immagini-toscana/la-valle-del-diavolo-e-i-soffioni-boraciferi-in-toscana/>
http://www.agriturismotorredoganiera.it/Paesaggio_e_Natura/Soffioni_Boraciferi_di_Larderello.htm
2. <https://tuttatoscana.net/itinerari-2/la-valle-del-diavolo-dove-la-terra-fuma/trusca-con-le-terme>
3. <http://www.fototoscana.it/mostra-gallery.asp?nomegallery=sassopisano>
4. <http://it.wikibuff.info/wiki/Etruria>
5. https://www.tripadvisor.it/LocationPhotoDirectLink-g3772691-d3780479-i250166980-Complesso_Termale_Etrusco_Romano_di_Sasso_Pisano-Sasso_Pisano_Province_
6. <http://www.viaggitoscana.net/2011/09/lardarello-e-i-soffioni-boraciferi/>
7. <https://www.posarellivillas.it/best-of-italy/2017/localita/larderello-e-la-valle-del-diavolo>
<http://www.volterracity.com/le-antiche-terre-dei-lagoni/>
<http://karl-grazieallavita.blogspot.com.es/2016/03/bagno-al-morbo-la-perla.html> <http://www.volterratur.it/vieni/geotermia/>
8. https://archive.org/stream/laalessandradil00ciacgoog/laalessandradil00ciacgoog_djvu.txt
9. <http://www.larderellomare.it/geotermia/geo/Larderello%20e%20la%20Geotermia.htm>
10. <https://books.google.es/books?isbn=8878143405>
11. <http://www.volterracity.com/le-antiche-terre-dei-lagoni/>
<http://karl-grazieallavita.blogspot.com.es/2016/03/bagno-al-morbo-la-perla.html>
12. <http://stats-1.archeogr.unisi.it/repetti/includes/pdf/main.php?id=368>
13. <http://www.stsn.it/serA105/Gianelli.pdf>
14. http://www.academia.edu/2316714/L_industria_principesca._Piero_Ginori_Conti_e_l_impianto_geotermico_di_Larderello
15. <https://www.youtube.com/watch?v=g1ymPRdl4cY>
16. <https://www.youtube.com/watch?v=nAoh3VFyEkQ>
17. <https://www.mindat.org/loc-2067.html>
<https://www.mindat.org/loc-26231.html>
18. <https://context.reverso.net/traduccion/italiano-espanol/>
19. <http://dspace.unive.it/bitstream/handle/10579/4791/987304-1175339.pdf?sequence=2>
20. <https://unbelgruppolo.wikispaces.com/file/.../Il+riuso+del+vetro.p>
21. [http://www.treccani.it/enciclopedia/francesco-de-larderele_\(Dizionario-Biografico\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/francesco-de-larderele_(Dizionario-Biografico)/)
http://www.impreses.san.beniculturali.it/web/impreses/protagonisti/scheda-protagonista?p_p_id=56_INSTAN-CE_6uZ0&articleId=36311&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&groupId=18701&viewMode=normal

Además:

Handbook of Mineralogy, vol. V (2003), de Anthony, Bideaux, Bladh y Nichols. En: <http://www.handbookofmineralogy.com>

Nomenclator de les espècies minerals (2010), de J.L. Garrido y J.M. Ybarra.

Tratado de Mineralogía (1961), de Klockmann y Ramdohr (trad. F. Pardillo).