

REUTILIZACIÓN DE YESOS EN LABORATORIOS DE MECÁNICA DENTAL PARA REDUCIR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

**GYPSUMS REUSE IN DENTAL MECHANICS LABORATORIES TO
REDUCE WASTE GENERATION**

Recibido: 26/08//2019 - Aceptado: 25/05/2021

Jairo Humberto Puentes Castillo

Docente en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
Pasto - Colombia

Ingeniero Electromecánico
Corporación Universitaria Autónoma de Nariño

jairo.puentes@aunarvillavicencio.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-4019-739X>

Benjamín Daza Rico

Docente en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
Pasto - Colombia

Ingeniero Químico
Corporación Universitaria Autónoma de Nariño

benjamin.daza@aunarvillavicencio.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-4271-7072>

Cómo citar este artículo:

Puentes, J., & Daza, B. (Julio - diciembre de 2021). Reutilización de yesos en laboratorios de mecánica dental para reducir la generación de residuos. *Sathiri* (16)2, 134-143. <https://doi.org/10.32645/13906925.1078>

Resumen

El yeso utilizado para elaborar las impresiones de prótesis en los laboratorios de mecánica dental, genera grandes cantidades de residuos con moldes usados una única vez, y luego son desechados y convertidos en residuos. El estudio fue realizado en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, con el objetivo de determinar las técnicas adecuadas en la recuperación de yesos dentales, fomentando su reutilización, para obtener un modelo sostenible y disminuir la generación de residuos sólidos dentales. Se buscó establecer los volúmenes de residuos dentales generados en los laboratorios, mediante la realización de pruebas de laboratorio que permitieron determinar las técnicas óptimas de recuperación del material y analizar las características de los materiales obtenidos para determinar sus posibles usos. La metodología aplicada fue la experimental, con enfoque mixto; a fin de lograr identificar diversos usos para los yesos residuales generados. Mediante ensayos en laboratorio y en campo se determinaron procesos alternativos que permitieron reducir y reutilizar este material residual. Se realizaron ensayos para verificar su uso como coadyuvante de fertilizantes en los cultivos de la huerta en la IV División del Ejército Nacional de Apiay (Meta), realizando allí una prueba piloto y comprobar su utilidad en los suelos destinados a uso agrícola. Fueron realizados otros ensayos con plantas de especies maderables para reforestación obteniendo resultados favorables en cuanto al crecimiento de las plantas fertilizadas. Se concluyó que los yesos recuperados son aptos para ser usados como fertilizantes de suelos, en cultivos de frutas y vegetales y en terrenos utilizados para la reforestación.

Palabras claves: Yeso, fraguado, reutilizar, calcinación y trituración.

Abstract

The gypsums used to make denture impressions in dental mechanics laboratories generate large amounts of waste with one-time molds and are then discarded and turned into waste. The study was carried out at the Autonomous University Corporation of Nariño, with the aim of determining the appropriate techniques in the recovery of dental gypsums, promoting their reuse, to obtain a sustainable model and reduce the generation of dental solid waste. It was sought to establish the volumes of dental waste generated in the laboratories, by carrying out laboratory tests that made it possible to determine the optimal techniques for the recovery of the material and to analyze the characteristics of the materials obtained to determine their possible uses. The applied methodology was experimental, with a mixed approach; in order to identify various uses for the residual gypsum generated. Through laboratory and field tests, alternative processes were determined that made it possible to reduce and reuse this residual material. Trials were carried out to verify its use as an adjuvant of fertilizers in the crops of the orchard in the IV Division of the National Army of Apiay (Meta), carrying out a pilot test there and verifying its usefulness in soils destined for agricultural use. Other tests were carried out with plants of timber species for reforestation, obtaining favorable results regarding the growth of the fertilized plants. It was concluded that the recovered gypsum is suitable to be used as soil fertilizers, in fruit and vegetable crops and in land used for reforestation.

Keywords: gypsums, setting, reuse, calcining and crushing.

Introducción

En los laboratorios de mecánica dental de la Universidad Autónoma de Nariño AUNAR sede Villavicencio surgen cantidades de yeso procedentes de los moldes usados en las impresiones para la elaboración de prótesis dentales. Este yeso se desechaba sin ningún tipo de procedimiento técnico. Ante esta situación, surge la idea de realizar un estudio que ayude a mitigar la generación de residuos mediante alternativas técnicas de solución.

El proyecto generado busca determinar técnicas de reutilización de yesos dentales, mediante técnicas que permitan recuperar el material obteniendo un polvo fino, que al ser mezclado con el agua, sea moldeable durante cierto tiempo para reconvertirlo en nuevos productos. Lo más relevante de la investigación es la disposición final amigable con el medio ambiente, pues cuando no se pueda reutilizar más, el yeso será devuelto a la naturaleza como un coadyuvante para sistemas de fertilización en procesos agrícolas y forestales.

A nivel mundial se conocen muy pocos estudios que se estén realizando con el fin de aprovechar los yesos de uso dental, solo se realiza la segregación en la fuente para su disposición final en rellenos sanitarios o en escombreras.

El presente estudio fue realizado en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, con el objetivo de determinar las técnicas más adecuadas en la recuperación de yesos dentales, fomentando su reutilización, para obtener un modelo sostenible que permita disminuir la generación de residuos sólidos de la actividad dental. A su vez, se buscó la determinación de los volúmenes de residuos dentales generados en los laboratorios en la ciudad de Villavicencio, por medio de la realización de pruebas de laboratorio que permitieron determinar las técnicas óptimas de recuperación del material y analizar las características de los materiales obtenidos para determinar sus posibles usos.

La hipótesis del trabajo fue que la disposición final de los yesos reutilizados servirá como coadyuvante en los procesos de fertilización de suelos en la producción agrícola y forestal, a fin de realizar una disposición amigable con el medioambiente.

Materiales y métodos

En los laboratorios de mecánica dental de la Universidad Autónoma de Nariño AUNAR sede Villavicencio, los moldes de yeso usados en las impresiones para la elaboración de prótesis dentales se convertían en residuos; eran desechados sin ningún tipo de procedimiento técnico. Por ello, se procedió primero por parte de estudiantes de mecánica dental a realizar una encuesta telefónica directa a los laboratorios de mecánica dental de Villavicencio. La información obtenida de los laboratorios indicó que la situación era muy similar a lo que ocurría en el laboratorio de AUNAR. De la encuesta realizada, se obtuvo que el promedio anual de generación de residuos de yeso por parte de los laboratorios de mecánica dental en Villavicencio es de 62 toneladas (solo en el laboratorio de AUNAR se generan 1.2 toneladas), que es una cifra considerable; ante esta situación surgió la idea de reciclar este yeso, y analizar si al tratar estos moldes se volvería a disponer de un yeso con las mismas propiedades de hidratación y fraguado del yeso original; de esta forma se ahorrarían recursos, pues en lugar de comprar yeso nuevo se utilizaría el proveniente de los moldes reciclados. Este trabajo se realizó en la primera etapa con resultados satisfactorios.

La metodología aplicada para el estudio fue la experimental, con enfoque mixto; por medio de la cual se lograron analizar diversos usos a dar a los yesos residuales generados. Mediante ensayos, en laboratorio y en campo se determinaron procesos y procedimientos como alternativas para el material, que permitieron reducir y reutilizar este material residual.

La población objeto de estudio fue la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño AUNAR, en donde se inició la recolección de los moldes de yeso generados cada semestre, producto de las prácticas de mecánica dental, de esta manera se logró la cuantificación del material generado; como segundo paso, se inició el proceso de trituración, molienda luego calcinación, de los moldes de yeso, para luego realizar el proceso de pulverización, logrando la homogenización del material y finalmente la hidratación, revisando si este material cumplía nuevamente con las características de fraguado requeridas para uso dental, indispensables para ser reutilizado

En la primera parte del estudio, se procedió a triturar y moler el material de las impresiones de yeso, que los estudiantes habían elaborado en sus prácticas de mecánica dental; aproximadamente se recolectó alrededor de 20 kg de impresiones, estas se trituraron manualmente con un martillo para fracturarlas y reducir su tamaño, para luego introducirlas en un molino doméstico al que se le adaptó un motor eléctrico de 1 ½ Hp; así se obtuvo un grano más fino.

Del material molido se tomaron varias muestras de 20 gramos y se sometieron a calcinación en una mufla utilizada para prácticas de mecánica dental; esta mufla no permite variar temperaturas por estar sujeta a un programa para las prácticas de mecánica dental, por lo que solo se pudo trabajar con dos temperaturas de calcinación; una a 300°C y la otra a 700°C.

Luego del respectivo enfriamiento, este material pulverizado se sometió a pulverización de forma manual en un mortero, y luego se realizaron pruebas de fraguado mezclándolo con agua para comprobar si la idea original de volver a incorporar este material como insumo de laboratorio para las prácticas de impresión en mecánica dental era factible; lo que se encontró fue positivo: ambas muestras fraguaron, pero no con la rapidez que exigen las prácticas de mecánica dental.

Otra parte de este material calcinado y pulverizado se llevó a la huerta de la IV Brigada del Ejército Nacional en la zona de Apiay. Para realizar allí una prueba piloto de su utilidad en uso agrícola, se sembraron dos eras con mentón, a una se le aplicó el yeso y a la otra no; a la hora de la cosecha los frutos de la era con yeso fueron más grandes comparados con la era a la que no se le agregó yeso.

Al inicio de la investigación, durante la recopilación de las bases teóricas en los diferentes campos de la aplicación del sulfato de calcio, encontramos una posible forma de disposición final, después de los diferentes usos que le demos a los productos reutilizados. Surge la siguiente hipótesis: "la disposición final de los yesos reutilizados será como coadyuvante en los procesos de fertilización de suelos en la producción agrícola y forestal". Disposición amigable con el medioambiente. Para lo anterior se realizarán ensayos con plántulas de varias especies, como verduras, hortalizas, frutales y maderables, que serán manipuladas en condiciones similares, pero con la variante que a la mitad de ellas se les hará la aplicación del sulfato de calcio Anhidro. Lo que permitirá al cabo de cuatro meses determinar si la hipótesis planteada es correcta o incorrecta, como también nos puede orientar en qué tipo de cultivo su uso dará mayor beneficio.

En cuanto a las pruebas del producto obtenido se realizó la aplicación del material en coronas en los surcos del proyecto de huertas urbanas en el CRM (Centro de Reclusión militar) de la IV División del Ejército Nacional, con la participación del personal privado de la libertad por

actos contemplados dentro del Proceso de Paz y bajo la jurisdicción de la JEP (Justicia Especial para la Paz). Con esta participación en los cursos de capacitación se brindó un aporte importante a los procesos de reincorporación social, y de igual manera se logró determinar grandes avances en cuanto a la utilización del material en la producción agrícola.

Entre los resultados obtenidos tenemos un crecimiento más rápido de las plantas, mayor follaje y los frutos de buen tamaño y en mayores cantidades por surco. Hasta el momento, estas pruebas son de tipo cualitativo; posteriormente se ejecutarán protocolos para la obtención de las muestras de suelos y foliares para la verificación cuantitativa de los beneficios aportados a los suelos y productos agrícolas con la reutilización y disposición final de los yesos dentales.

Es de resaltar que, de comprobar y estandarizar el beneficio del yeso reutilizado en la producción agraria de la región, se generaría una nueva actividad económica, fuente de empleo para la inclusión social. De igual forma se encaminaría para multiplicar el proyecto a nivel nacional e internacional, con una reutilización aproximada superior a 450.000 toneladas /año

Resultados y discusiones

El yeso es un mineral de origen natural que se comercializa en forma de polvo para diferentes usos; su componente químico corresponde al sulfato de calcio, CaSO_4 ; esta es una sustancia altamente higroscópica, por eso se encuentra en la naturaleza en forma dihidratada $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, tiene apariencia cristalina translúcida, mediante calcinación se deshidrata hasta la forma hemihidratada $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ para luego molerlo para convertirlo en un polvo muy fino, que es como se comercializa. Al agregarle de nuevo agua se rehidrata de nuevo a su forma dihidratada, en un proceso conocido como fraguado durante el cual, dependiendo el uso, se puede moldear y obtener diferentes figuras; en el caso de la mecánica dental se obtienen los moldes para las impresiones de prótesis dentales; una vez termina el fraguado, el material toma una consistencia dura y firme.

Las propiedades aglutinantes dependen de las temperaturas de calcinación del material original, como se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1.

Los datos de la anterior tabla son extraídos de: Materiales de construcción, proceso de fabricación de yeso, 2019. Extraído de <http://e-construir.com/yeso/fabricacion.html>

Temperatura de calcinación °C	Material obtenido
Sin calcinar	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mineral natural
107	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ Forma hemihidratada
107 – 200	Forma hemihidratada de fraguado más rápido que la anterior, para estucos
200 – 300	Fraguado muy lento y de gran resistencia
300 – 400	Fraguado rápido muy baja resistencia
500 – 700	Yeso anhidro = yeso muerto no fragua, útil por propiedades químicas
750 – 800	Inicia formación de yeso hidráulico
800 – 1000	Yeso hidráulico normal o de pavimento
1000 – 1400	Yeso hidráulico con cal libre y de fraguado rápido

Cómo citar este artículo:

La reutilización de yesos en laboratorios de mecánica dental para reducir la generación de residuos, se siguen las siguientes fases:

- Fase I. La investigación se basa en la experimentación y análisis de factibilidad de las potenciales aplicaciones del material resultante, la disposición final como coadyuvante en los procesos de fertilización y retención de agua en las raíces de proyectos agroindustriales, forestales y recuperación de terrenos baldíos a causa de la deforestación por la colonización desmedida para cultivos ilícitos.
- Fase II. Esta se desarrollará bajo un enfoque mixto para poder tener en cuenta la mayor cantidad de información posible.

Durante las actividades de recolección del material se ha generado una gran serie de variantes a los procesos tradicionales que producían residuos con la totalidad de elementos y materiales que intervienen en la elaboración de la aparatología protésica; entre los cambios más relevantes se encuentra la disposición de módulos para la segregación in situ de los yesos, tanto moldeados como residuales, que actualmente van directo a formar parte de las basuras que están saturando y tienen a punto de colapsar los sistemas de rellenos sanitarios, donde se hace la disposición final de estos materiales.

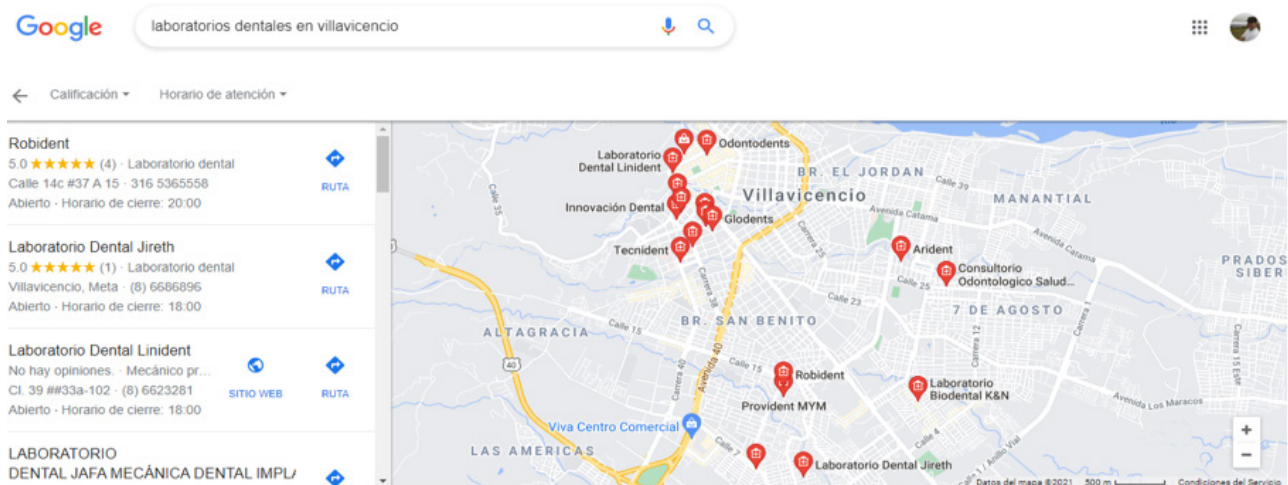


Figura 3. Imagen de la ubicación de los laboratorios dentales registrados en internet para la cuantificación y recolección de los residuos de yesos dentales de la ciudad de Villavicencio

Una de las herramientas empleadas en la cuantificación de las fuentes generadoras de residuos de yesos es la consulta por internet para la ubicación de los laboratorios que se encuentran registrados en medios tecnológicos.

A continuación, el listado de laboratorios:

- Robident, Laboratorio Dental Jireth, Laboratorio Dental Linident, Laboratorio Dental JAJA,
- Visión Dental, Odontodents, Innovación Dental, Arident, Tecnident, Villadent,

- Provident MYM, Glodents, Laboratorio Biodental K&N, Deposito Dental Y Laboratorio
- Consultorio Odontológico Salud Oral Popular, Zuriel, Ortoprevent, Dental Dent ´s.

Adicional a este listado, se ubican ocho laboratorios más que manejan volúmenes medios de generación de residuos de yesos dentales. Estos laboratorios, en su gran mayoría, corresponden a egresados de instituciones formales, con auxiliares de laboratorios que se forman empíricamente y adquieren habilidades en el manejo de biomateriales, personas que ofrecen sus servicios directamente y que por no tener todos los requisitos para avalar formalmente su actividad pertenecen a un subregistro de generadores. Por ser un grupo de generadores emergentes se les asignará un valor del 16 % aproximadamente del total de los volúmenes generados por los 26 laboratorios ubicados en la ciudad de Villavicencio.

Una vez se tienen los yesos segregados se procede a la clasificación por tamaños de partícula para la posterior trituración por lotes de los diferentes calibres del material para así obtener un solo tamaño de partícula y hacer más eficiente el proceso de calcinación del yeso molido (en polvo sulfato de calcio dihidrato).

Durante los diferentes ensayos de calcinación se trabaja con lotes de 50 gramos, esto por la capacidad de las muflas del horno desencerador de los laboratorios de mecánica dental, de los ensayos en la Fase 1 del proyecto. Se busca determinar futuras necesidades básicas para la implementación de técnicas de alta eficiencia en los procesos de recuperación de yesos, como también a la par determinar los equipos que a futuro se deberán implementar a escala industrial para la recuperación de todos los yesos de la región y del país; esto de acuerdo a las proyecciones de alto impacto social-ambiental que buscan alcanzar la investigación en curso, adicionalmente se suma la responsabilidad social institucional que la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño tiene con su entorno, generando la búsqueda de metas ambiciosas.

Tabla 2.

Tabla de ensayos en los laboratorios de mecánica dentales de la Aunar. Para la posible reutilización de los residuos de yesos dentales en las diferentes tareas de montajes y vaciado de modelos.

Tabla de Resultados del 20% de Ensayos Programados						
Ensayo No.	°C	Tiempo	Peso Inc.	Peso Fin.	Tiempo fraguado	Características
1	760	15''	50 gr	47 gr	18 h	Similar tipo II en color y textura
2	927	1.5 h	50 gr	44 gr	12 h	Similar tipo IV en color y dureza
3	760	1.5 h	50 gr	45 gr	16 h	Similar tipo III en color y textura
4	927	15''	50 gr	46 gr	16 h	Similar tipo III en color y textura
5	927	1.5 h	50 gr	44 gr	+5%NaCl 10h	Similar tipo IV poco más blando superficial/

Posteriormente, se hará el análisis de resultados, una vez se logre realizar 5 líneas de ensayos clasificadas de acuerdo a la temperatura usada en el proceso a diferentes tiempos de calcinación. Con las proyecciones establecidas se espera llegar a temperaturas entre 1100 y 1350 0C durante 1 hora, para la obtención de sulfato de calcio Hemihidrato y Anhidro.

Para responder a la hipótesis acerca de si es factible que el yeso utilizado en las prácticas de las impresiones de mecánica dental al volverlo a calcinar recupere sus propiedades de fraguado para volver a darle el mismo uso, la respuesta es positiva, aunque no con la celeridad requerida.

Las pruebas de uso agrícola demostraron mejores frutos en las plantas de pepino que recibieron el yeso, comparadas con las plantas que no lo recibieron. Respecto al uso en mampostería y obras de arte, en esta etapa de la investigación no se realizaron pruebas.

El yeso de uso en mecánica dental, cuyo componente principal es sulfato de calcio hemihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), una vez utilizado en las prácticas de impresiones dentales se convierte en material de desecho sin ninguna utilidad, en esta primera etapa de la investigación se pudo comprobar que se puede reciclar este material bien sea para reutilizarlo en las prácticas de mecánica dental, como insumo agrícola y posiblemente en mampostería y obras de arte.

Respecto al fraguado faltan más ensayos para determinar cómo depende el fraguado de este material respecto a la temperatura de calcinación; esto fue un impedimento que se tuvo, ya que el laboratorio no dispone de una mufla donde se pueda variar la temperatura al antojo del investigador, sino que están programadas para las prácticas de mecánica dental.

El uso agrícola demostró mejorar el tamaño de los frutos de las plantas de pepino que recibieron el yeso comparado con las plantas que no lo recibieron; faltan más experimentos y también analizar si la temperatura de calcinación de este material tiene que ver con los rendimientos o no.

Conclusiones

Se logró determinar el volumen anual generado en los laboratorios de mecánica dental de la Universidad Autónoma de Nariño, que es aproximadamente de 1.2 toneladas; por otra parte, se ubican 26 laboratorios de mecánica dental en la ciudad de Villavicencio, con un consumo promedio de 2 kilos de materiales por prótesis elaborada y un rango promedio de 26 prótesis semanales, lo que nos da una generación de 62.5 toneladas/año de residuos únicamente en Villavicencio.

Se lograron realizar algunas pruebas de laboratorio para determinar las técnicas óptimas de recuperación del material, como los procesos de recolección, selección, trituración, calcinación y pruebas de fraguado; además, se ha logrado determinar una serie de parámetros para la estandarización de técnicas de recuperación y reutilización de yesos que posteriormente publicaremos.

Analizadas las características del material recuperado se determina que el sulfato de calcio es un insumo agrícola, ya que sirve tanto como enmienda, como regulador y fertilizante, constituyéndose en una sustancia ampliamente usada, excelente elemento químico en la recuperación de suelos con grades cargas de químicos y metales pesados posterior al uso de suelos en cultivos ilícitos.

Finalmente, se puede concluir que se lograron determinar algunas de las técnicas más adecuadas en la recuperación de yesos dentales, a fin de continuar fomentando su reutilización para obtener un modelo sostenible que permita disminuir la generación de residuos sólidos de la actividad dental, a nivel institucional y regional.

Recomendaciones

- Se recomienda iniciar un programa de pruebas en una mufla que permita trabajar a distintas temperaturas y no al programa al que están ligadas las muflas del laboratorio de mecánica dental.
- Es de gran importancia la realización de pruebas con una mayor variedad de cultivos, con los correspondientes análisis de los aportes nutricionales por la aplicación de los yesos reutilizados en los suelos de producción
- Se deben iniciar los procesos de acercamiento a las entidades estatales u organizaciones internacionales ambientalistas para el fortalecimiento del proyecto.

Referencias

Takanori Fukami y col. (2015). Synthesis, Crystal Structure, and thermal properties of CaSO₄·2H₂O Single Crystals. *International journal of Chemistry*; Vol. 7, No. 2; ISSN 1916-9698 E-ISSN1916-9701 Published by Canadian Center of Science and education.

PubChem. (2018). Calcium Sulfate. Recuperado el 06 de mayo de 2018, de: [pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Calcium-sulfate) *Calcium sulfate* | CaSO₄ or CaO₄S | CID 24497 - structure, chemical names, physical ... Computed by LexiChem 2.6.6 (*PubChem* release 2019.06.18) ... Scientific Data, volume 5, Article number: 180125 (2018), DOI:10.1038/sdata.2018.125 ... <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/substance/?source=wiley&sourceid=125500>

Synthesis, Crystal Structure, and Thermal Properties of 6 jul. 2015 - ISSN 1916-9698 E-ISSN 1916-9701. Published by Canadian Center of Science and Education ... Correspondence: Takanori Fukami, Department of Physics and Earth ... *International Journal of Chemistry*. Vol. 7, No. 2; 2015. 13 ... Single crystals of CaSO₄·2H₂O were grown at room temperature by a slow <http://www.cc.u-ryukyu.ac.jp/~fukami/60.pdf>

Sulfato de calcio o yeso agrícola En *Agricultura* estoessagricultura.com > sulfato-de-calcio-o-yeso-agricola 4 sep. 2019 - Uso, medidas y aplicación del sulfato de calcio o yeso agrícola. ... PDF. Sulfato de calcio para jardín. Si solamente necesita pocas cantidades ... <https://estoessagricultura.com/sulfato-de-calcio-o-yeso-agricola/>

Sulfato de calcio: propiedades y aplicaciones clínicas – *SciELO* Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral Vol. 4(3); 138-143, 2011. Revisión Bibliográfica. Sulfato de calcio: propiedades y aplicaciones clínicas. Calcium sulfate. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-01072011000300012

- Nick M. Tovar, Ziv Mazor, Sachin Mamidwar, John L. Ricci. 2011. Reparación ósea en defectos periodontales el uso de un compuesto de aloinjerto y sulfato de calcio (DentoGen) como barrera. *Journal of Oral Implantology* Orim, 37-02-01.3d. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/piro/v4n3/art12.pdf>
- Yeso - UNSAMe5 El mineral yeso que se emplea en agricultura posee por objetivo la neutralización de los ... El sulfato de calcio en sus formas minerales de yeso y anhidrita, ... PDF. DARWICH, N. 1998. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes <http://www.unsam.edu.ar/publicaciones/tapas/cyted/parte5.pdf>
- Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de www.fao.org > ...Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma ... Cita requerida: FAO. 2019. Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de Fertilizantes. ... el azufre, el calcio, el magnesio, el boro, el ... tales como estruvita, sulfato de calcio...<http://www.fao.org/docrep/013/i1444s/i1444s00.pdf>
- Roca fosfórica - Productividad en la minería: ahora viene La Política Minera de Colombia 2016 dice [9] "... en lo que hace referencia a los fosfatos, se ... yeso (sulfato de calcio). ... La producción de roca fosfórica en Colombia para ... Valor de mercado de la agroindustria - BMI research (2017 - 2019). http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-nal/MNAL_rocafosforica.pdf
- fertilizantes registrados - junio 2020 - ICA www.ica.gov.co > getdoc > productos-registrads-fertilizan...
- Foliar. 12. Arysta Lifescience Colombia. S.A.S ... Sulfato Doble De Potasio Y Magnesio. Nutrimon ... Minera Providencia. "Minpro" S.A. ... Yaraliva Calcinit (Nitrato De Calcio 15-0- 0-26 (Cao) ... 2019. Dalise Laboratorios S.A. Con. Sigla Dalise S.A.". Fertidal. 4978. 29/10/ . <https://www.ica.gov.co/getdoc/a2f80265-2a07-4f5b-964c-f7d39e60e023/productos-registrads-fertilizantes-pag-web-enero-3.aspx>