



Alternativas de recuperación, reúso, reciclaje y disposición final de la tierra de blanqueo gastadas en el proceso de refinación del aceite vegetal

Hernández Jiraleiska, Isturiz Jetzabel

Centro Nacional de Tecnología Química, Gerencia de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, Coordinación de Energía y Ambiente

<http://orcid.org/0000-0002-4381-8449> jiruby.hernandez@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-6104-9161> jetzangel@gmail.com

ASA/Artículo

doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.6478821>

Recibido: 10-06-2021

Aceptado: 25-03-2022

RESUMEN

Las tierras o arcillas de blanqueo son materia prima empleada en el proceso de refinación del aceite vegetal. Por sus condiciones físicas, posee características y propiedades que la hacen idóneas para la adsorción de ciertos componentes no glicéridos e impurezas, tales como carotenoides, clorofilas, ácidos grasos libres fosfolípidos e hidro-peróxidos, con ello se asegura que el aceite cumpla los requisitos necesarios para lograr la calidad del producto final. Las arcillas pueden llegar a retener entre 30-45 % del aceite refinado y una vez empleada en el proceso de blanqueo son dispuestas en vertederos a cielo abierto sin ningún método de valorización. Este comportamiento de consumir y desechar está cambiando y se comienza a visualizar a los residuos industriales como materiales con valor agregado que pueden ser aprovechados en distintos procesos y con ello promocionar economías secundarias a partir de las propiedades de los residuos. En este sentido, esta publicación identifica alternativas tecnológicas para la recuperación del aceite adherido en las arcillas, regeneración de las cualidades de las tierras para posterior uso en la industria de refinación y opciones de valorización del residuo para producción de biodiesel y biogás, complemento alimenticio para animales, fertilizantes, tratamientos de agua, agregados para la construcción, elaboración de jabones, entre otros. Información que fue extraída en la base de datos de la plataforma Patent Inspiración para documentos de patentes y Web of Science para publicaciones científicas, bajo una estrategia de búsqueda que permitió identificar experiencias exitosas y comprobadas en distintos países.

Palabras Clave: Tierra de blanqueo, arcillas, tecnología, publicaciones científicas, patentes.



Alternatives for recovery, reuse, recycling and final disposal of spent bleaching earth in the vegetable oil refining process

ABSTRACT

Bleaching earths or clays are raw materials used in the process of refining vegetable oil. Due to its physical conditions, it has characteristics and properties that make it suitable for the adsorption of certain non-glyceride components and impurities, such as carotenoids, chlorophylls, free fatty acids, phospholipids and hydroperoxides, thereby ensuring that the oil meets the necessary requirements to achieve the quality of the final product. The clays can retain between 30-45% of the refined oil and once used in the bleaching process they are disposed in open dumps without any method of recovery. This behavior of consuming and discarding is changing and one begins to see industrial waste as value-added materials that can be used in different processes and thereby promote secondary economies from the properties of waste. In this sense, this publication identifies technological alternatives for the recovery of adhering oil in the clays, regeneration of the qualities of the lands for later use in the refining industry and options for the recovery of the waste for the production of biodiesel and biogas, food supplement for animals, fertilizers, water treatments, aggregates for construction, soap making, among others. Information that was extracted in the database of the Patent Inspiration platform for patent documents and Web of Science for scientific publications, under a search strategy that allowed to identify successful and proven experiences in different countries.

Keywords: Bleaching earth, clays, technology, scientific publications, patents.

INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial, el aumento de consumo de grasas per cápita y el uso cada vez mayor para aplicaciones técnicas, son los resultados del incremento de la demanda de aceites y grasas en el mundo, alrededor de 6,3 millones de toneladas por año (Mielke, 2011). Para satisfacer esta demanda, el volumen total de producción de 12 aceites vegetales se ha triplicado, de 40,8 millones de toneladas en 1980 a 146,2 millones de toneladas en 2010 (FAOSTAT, 2012).

Dado que la mayoría de los aceites vegetales deben ser (al menos parcialmente) refinados para aplicaciones comestibles o técnicas, el aumento en los volúmenes de producción ha logrado una seria expansión de la industria de refinación de aceite comestible. La capacidad de refinado requerida se estima actualmente en 400.000 toneladas por día, en las que se emplean diversas materias primas para los procesos de desgomado, neutralización, blanqueo y desodorización (Zahrani y Daous, 2000).

La decoloración o blanqueo de aceites comestibles se realiza con arcillas naturales o activadas con ácido es empleado para reducir el color (debido a carotenos y clorofilas) y

remover componentes y/o sustancias indeseables que podrían comprometer la calidad del aceite para el consumo humano. Este es una actividad costosa debido al valor de la arcilla, la pérdida de aceite adherido a la tierra y el costo de disposición de este residuo.

Anualmente en el mundo, cerca de 100 mil toneladas de grasas y aceites se desechan junto con estas tierras en espacios a cielo abierto. Además de ser un contaminante del ambiente, este residuo es peligroso porque el aceite contenido presenta propiedades piróforicas, presencia de compuestos tóxicos como aldehídos y cetonas adsorbidos en la arcilla, es perjudicial para el suelo y los seres vivos; con el tiempo, las tierras de blanqueo usadas desprenden olores nocivos que afectan el medio y propician la generación de vectores patológicos.

Los inconvenientes de disposición relacionados con la eliminación de arcilla usada en el proceso de blanqueo podrían ser solucionados, en gran parte, mediante la eliminación del aceite y materias colorantes adsorbidas en la arcilla gastada. Además, la tierra desaceitada puede reactivarse y volverse a utilizar en el blanqueo, mientras que el aceite recuperado puede ser usado para producir biodiesel, en la producción de jabón y la alimentación animal.

Dado que las actividades industriales, como el caso del sector alimenticio, son la base primordial de una nación, conocer sus necesidades tecnológicas en cuanto al uso o re-uso de subproductos generados permite obtener una visión general en cuanto al aprovechamiento de los mismos y evitar impactos al medio. Adicionalmente, amplía la posibilidad de recuperar las tierras de blanqueo usadas y emplearlas en otros procesos de la cadena productiva, contribuyendo con nuestra economía nacional mediante el uso eficiente y racional de los recursos, al mismo tiempo que se reducen los nichos de contaminación.

Las plataformas empleadas para la búsqueda

MATERIALES Y MÉTODOS

En la metodología, las plataformas empleadas para la búsqueda de documentos científicos que sustenta la información reflejada en el estudio, inicia por la base de datos de literatura científica Web of ScienceTM, seguida de La plataforma Patent Inspiration, combinando diferentes campos de búsqueda (palabras claves, fechas, clasificaciones, nombres) ajustada a la temática de estudio. Se filtró la búsqueda a la identificación de las palabras clave en el título para cerciorar la pertenencia de la búsqueda en el área de interés y en un periodo que data desde 1907-2016.

de documentos científicos que sustenta la información reflejada en este estudio, inicia por la base de datos de literatura científica Web of ScienceTM, seguida de la plataforma de Patent Inspiration, durante un lapso de búsqueda de tres (03) meses aproximadamente.

Este estudio permitió aprovechar las soluciones encontradas por otros países a los problemas de disposición de las tierras de blanqueo empleada en la industria de aceite vegetal, como referente para la toma de decisiones oportunas y eficientes que serán de utilidad para las empresas refinadoras de aceite vegetal.

RESULTADOS

Indicadores bibliométricos

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la búsqueda de patentes, bajo el número de 83 publicaciones científicas en un período de 1907-2017 arrojado por la plataforma Web of Science, se contempla que el 42% de estos documentos han sido publicados los últimos 10 años, lo que evidencia el interés en revalorizar este residuo de origen industrial y aprovechar su valor comercial en otros procesos de la cadena productiva. De igual modo, en la Figura 1 se observa de un mayor registro de artículos científicos publicados en el año 2010, con una cantidad total de diez

(10) documentos, seguido del 2006 con seis (06) y 2016 con cinco (05) publicaciones.

Cuadro 1. Resultados de la búsqueda de patentes

Plataforma	Fecha de búsqueda	Ecuación	Filtros	Resultados
Web of Science	20/10/2017	("spent bleaching earth" OR "spent bleaching clay" OR "waste white clay")	1907-2016	83
Patent Inspiration				76

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la plataforma de búsqueda de patentes.

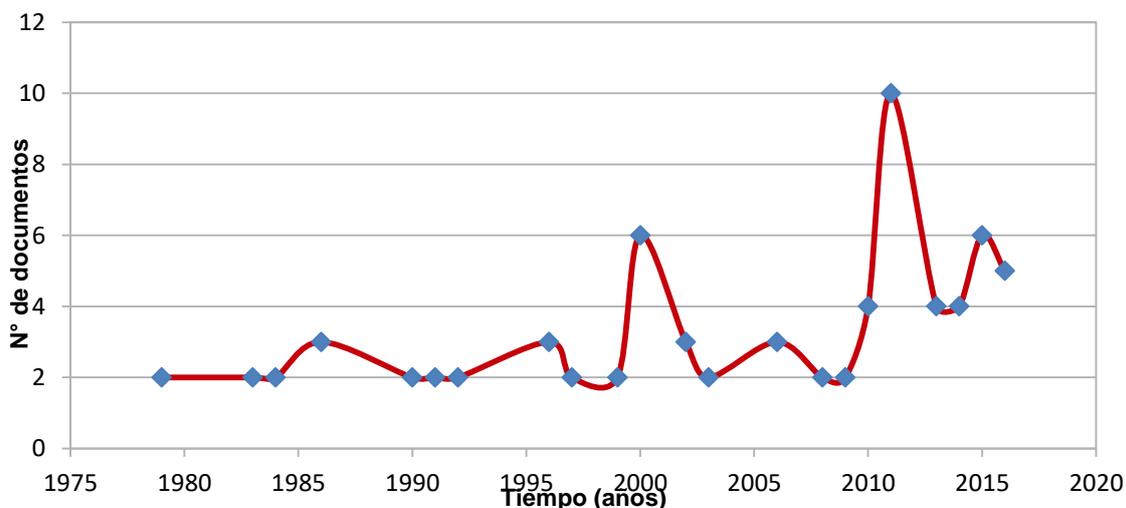


Figura 1. Evolución de documentos científicos a través del tiempo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos de publicaciones científicas (2017)

Por otra parte, la evolución de las publicaciones científicas (Figura 1) no se muestran de manera exponencial, hay variaciones muy marcadas en cada año. Lo que evidencia el tiempo que se invierte en

investigar y posteriormente en publicar. Adicionalmente, se observa una marcada ruptura entre las investigaciones orientadas a la extracción del aceite vegetal contenido en las tierra de blanqueo usadas como una

preocupación de las empresas oleaginosas en optimizar su proceso y recuperar el aceite contenido en estas arcillas que data de la décadas de los 80 y 90; y los estudios dirigidos al reúso y reciclaje de éste como materia prima en otras áreas de interés, período que comienza a partir del años 2000 y en el cual se refleja mayor número de documentos científicos. Lo primero evidencia la preocupación por parte de las industrias oleaginosas en la pérdida de aceite vegetal arrastrado por el proceso de blanqueo, como sinónimo de pérdidas económicas del producto deseado y no en los efectos ambientales que este residuo produce.

Con el inicio del milenio y la notoria escasez de algunos recursos naturales producto de las actividades antropogénicas; las regulaciones ambientales tendieron hacia la revalorización y una adecuada disposición final de los residuos generados durante todo su ciclo de vida, logrando transformar el acervo científico hacia la recuperación, reúso y reciclaje de los subproductos generados en los procesos industriales, como residuos con potencial de aprovechamiento. Lo que condujo a orientar las investigaciones de tierra de blanqueo gastadas hacia usos secundarios, como se muestra en la siguiente imagen.

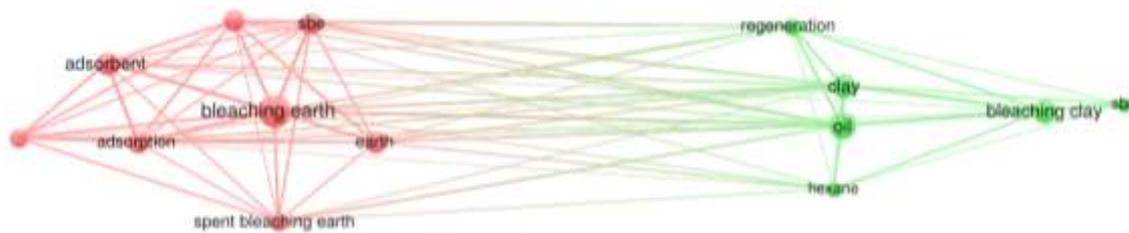


Figura 2. Co-ocurrencia de los términos empleados en las publicaciones.

En la Figura 2 se observa la proximidad de los términos empleado en las publicaciones y su relación entre sí, mostrando de forma global dos (02) clusters, el primero identificado con las palabras: bleaching earth, spent bleaching earth, adsorbente, adsorción y SBE lo que se traduce en las palabras empleadas para la

relvalorización de la tierra de blanqueo usadas y sus propiedades como residuo. Mientras que el segundo, con palabras como regeneración, hexano, clay oil y SBC, esta relacionada al criterio de regeneración de la tierra de blanqueo gastadas mediante procesos de extracción del aceite con solventes como

hexano. Esta tendencia sustenta la información desarrollada en el párrafo anterior sobre el inicio del milenio con enfoque hacia la economía circular: residuos cero.

En el Cuadro 2 se reseña el número de artículos científicos generados por país enmarcados en el tema de estudio, mostrando un importante posicionamiento de la comunidad asiática sobre el resto de los continentes, ubicando a Malasia, China, Turquía, y Taiwan como las principales naciones con mayor publicación científica, alrededor del 58% de los artículos. En el caso de Malasia, su economía está basada en la

refinación del aceite vegetal a partir del procesamiento de las semillas de palma africana, razón por la cual sus organizaciones académicas y empresariales están orientadas a las investigaciones que involucren el mejoramiento continuo de estas técnicas. Por su parte, la República Popular de China fue el segundo país productor de aceites y grasas en el mundo para el 2015, según estadística de Oil World y cuenta, por lo menos, con cinco (05) centros académicos con líneas de investigación orientadas al aprovechamiento de la tierra de blanqueo gastadas. Le sigue Turquía con igual número de textos científicos en torno al tema de estudio.

Cuadro 2. Países con mayor número de artículos.

Posición	País	Número de publicaciones	Citaciones	Posición	País	Número de publicaciones	Citaciones
1	Malasia	22	171	9	Irán	3	15
2	República Popular China	8	33	10	Arabia Saudita	3	15
3	Turquía	8	337	11	Brasil	2	10
4	Taiwan	7	116	12	Alemania	2	3
5	Inglaterra	6	22	13	Kenia	2	5
6	Argelia	5	61	14	Países Bajos	2	5
7	Canadá	4	8	15	Sudán	2	35
8	Francia	3	35	16	Estados Unidos	2	3
	Total	81					

Cabe destacar que de los 83 documentos recopilados, 89% corresponde a publicaciones

de revistas científicas, el 8% proviene de las revisiones de libros y otro material editorial, y

el 3% corresponde a los artículos de conferencias y congresos del área.

Seguidamente en el Cuadro 3, se presentan las principales organizaciones con mayor número de artículos en el área, por lo menos tres (03) documentos por institución. Cabe destacar

que el 52% de las publicaciones realizadas por las organizaciones son de origen asiático, estas representan el 59% de las 26 organizaciones expuestas en la tabla, de las que destacan las entidades de Malasia y China principalmente.

Cuadro 3. Organizaciones con mayor número de artículos.

Nº	Organización	Documentos	Citaciones	País de Origen
1	Chinese Acad Sci	9	61	Chiina
2	Univ Sains Malaysia	8	67	Malasia
3	Istanbul Univ	8	337	Turquía
4	Malaysian Palm Oil Board	5	11	Malasia
5	Univ Mostaganeam	5	67	Argelia
6	Imperial Coll Sci Technol Med	4		Inglaterra
7	Univ Kebangsaan Malaysia	4	10	Malasia
8	Univ Pertanian Malaysia	4		Malasia
9	Chia Nan Univ Pharm Sci	3	77	China
10	King Abdulaziz Univ	3	15	Arabia Saudita
11	Univ Montpellier 2	3	35	Francia

El 97% de las organizaciones son universidades e institutos de investigación científica, tal es el caso de Universidad Sains Malasia que contempla en sus campus de estudio las áreas de Biología química y microbiología ambiental, y desde el año 1997 hasta el 2011 han realizado siete (07) publicaciones con eje principal en la tierra de blanqueo usadas, de las que destacan: La arcilla blanqueadora gastada con aceite de palma como sustituto del aceite de pescado marino en las dietas de tilapia del Nilo,

Oreochromis niloticus (2006) documento que hasta la fecha ha contado con 18 citaciones; seguida del artículo: Pirólisis de aceite de palma residual en arcilla blanqueadora gastada por horno tubular modificado y análisis de los productos por GC-MS con 13 citaciones, y Estructura superficial y de poro de arcillas blanqueadoras desaceitadas tratadas con ácido y tratadas térmicamente, con igual número de citación que la anterior.

Por su parte, la Academia de la Ciencias en China cuenta con cinco (05) publicaciones, de

las que resaltan: Calcinación en un paso de la tierra de decoloración gastada para la eliminación eficiente de los iones de metales pesados (2015) con un número de 15 citaciones; seguida de “Fabricación de compuestos de dióxido de manganeso/carbono/atapulgita derivados de tierra de blanqueo agotada para la adsorción de Pb (II) y verde brillante” (2016), y una publicación reciente data (15 agosto del 2017), titulada: “Fabricación fácil y ecológica de nanocompuestos de atapulgita/carbono cargados con carboxilo magnéticamente reciclables derivados de tierra de blanqueo agotada para el tratamiento de aguas residuales”. Esta con un menor número de citaciones (una citación hasta la fecha).

Mientras que Malasyan Palm Oil Board, Instituto de Investigación de Aceite de Palma de Malasia (PORIM) con más de 20 años de experiencia en el área, ocupa la tercera posición de la tabla. A partir del año 2000 sus publicaciones están orientadas a revalorizar los subproductos generados de la industria de la palma aceitera en energía verde y el mejoramiento de los productos y procesos basados en "residuos cero". A la fecha han realizado seis (06) documentos científicos en el tema de estudio (2011 al 2015), dentro del que destaca el artículo más citado, titulado: “Mejora de los desechos de la refinería de

aceite de palma - Tierra blanqueada gastada (SBE) en fertilizante bio orgánico y sus efectos sobre el crecimiento de la biomasa de los cultivos” (2013).

El número de publicaciones por organizaciones académicas y/o empresariales se encuentra estrechamente vinculada al capital económicos invertido en I+D+i por entidades financiadoras. Entre las que destacan la República Popular de China y Malasia con dos (02) instituciones cada una, la primera con un total de siete (07) proyectos financiados por parte de la Fundación Nacional de Ciencias Naturales y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de China; y la segunda con cuatro (04) proyectos por parte de la Universidad Sains de Malasia y el instituto Malaysian Palm Oil Board (MPOB), razón por la cual los países con mayores textos científicos en el tema de estudio son Malasia y China, porque cuentan con capital económico para financiar proyectos de investigación en universidades e instituciones, contribuyendo de manera directa a los avances científicos del área.

Indicadores Patentométricos

El mapa de términos proporciona una descripción general rápida del contenido principal de las patentes, una visión general de las aplicaciones, variaciones y tecnologías de un determinado proceso. En la imagen

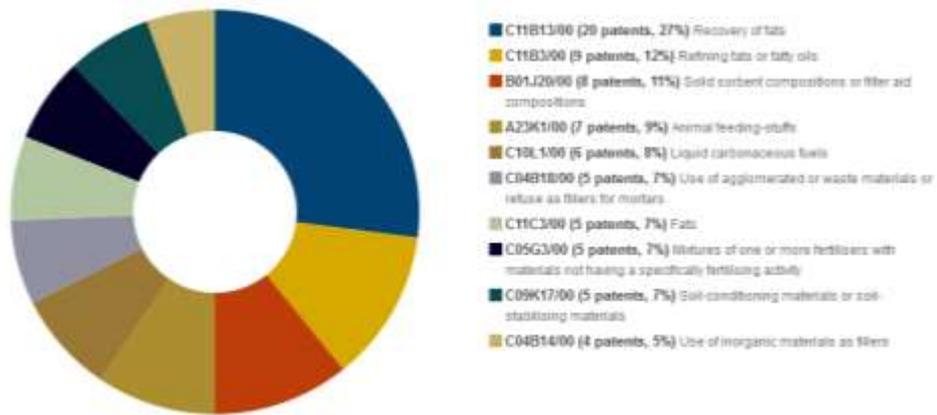


Figura 4. Clasificación Internacional de patentes (2007-2017).

Fuente: *patent inspiratio*.

Una forma de visualizar la tendencia de la actividad de patentamiento en este tema de estudio es discriminar la información por categoría según los códigos IPC, cada letra y número representa una área de conocimiento que permite clasificar una determinada

invención según su proceso y para este tema de estudio se muestra de forma breve y sistemática los conocimientos registrado en los documentos de patentes (Ver Figura 5).

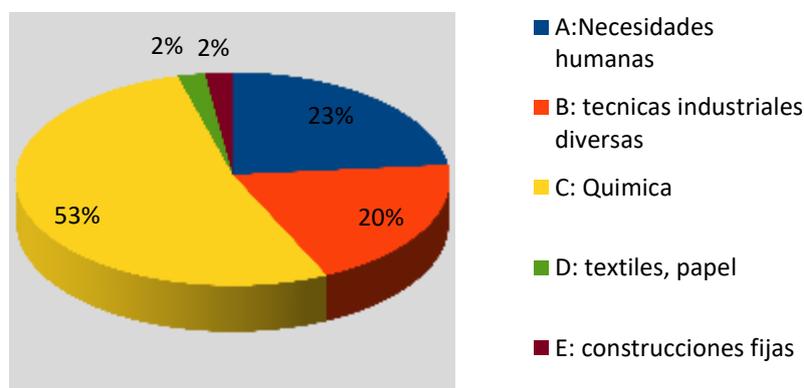


Figura 5. Publicaciones de patentes por categoría IPC.

Fuente: Elaboración propia a partir de la data de *patent inspiration*

La Figura 5 muestra que el 52,56% de las patentes están orientadas a la química (C), específicamente a la recuperación de aceite de materiales de desechos con 18 patentes, refinación de aceites con 17, elaboración de grasas o aceites con siete (07) , combustibles con 06 y microorganismos, asfalto / cemento y fertilizantes / abono con cinco (05) documentos de invención cada uno. Seguido de las necesidades humanas (A) con el 23,50% de las publicaciones totales, en ella se discrimina los alimentos para animales con 49 patentes, aceites o grasas comestible con dos (02) y la horticultura con un (01) texto de invención. En menor medida se encuentra la categoría B con el 19,66% y destacan los

procesos de extracción de solventes (03), separación de gases (03), transformación de desechos (05) y absorbentes de sólidos (18).

La Figura 6 indica el comportamiento en el tiempo del registro de solicitudes y concesiones de patentes desde el 2000 al 2017, por ser este el periodo que representa el 92,64% de los documentos totales protegidos en esta área de estudio.

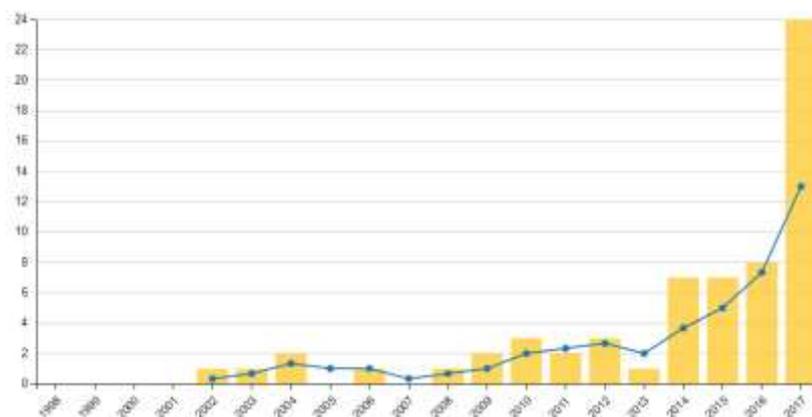


Figura N.º 6. Actividad de patentamiento en el tiempo (2007-2017).
Fuente: *patent inspiration.*

En los últimos diez (10) años, aunque las publicaciones no han sido de forma exponencial, no presenta variaciones negativas con respecto a la actividad de patentamiento. Se tienen el máximo punto para el año 2014 con siete (07) documentos de invención y 24 invenciones publicadas para el 2017, esto se debe principalmente a que se introdujeron varias patentes de una protegido combina y mezcla la tierra obtenida del procesamiento de aceite comestible con un componente de sal, una composición de agente aglutinante y agua; en el que la cantidad de tierra de blanqueo agotada es del 10-35 % en peso; la cantidad de componente de sal es del 50-85 % en peso; y la cantidad de composición de agente aglutinante es del 5-15 % en peso; la mezcla no es espontáneamente combustible a temperaturas atmosféricas. El resultado es un bloque multinutricional para alimentación de cerdos y ganados. Mientras que en el año 2016 y 2017, se emprende un nuevo campo que permite valorizar las tierras de blanqueo como fertilizante o como agente de remediador de suelos alcalinos. Para el año 2016 se publicaron cinco (05) y para el 2017 se registraron 18 documentos de invención en el área de la agricultura.

En la investigación se evidencia el dominio que ha tenido China en la protección de

misma familia en diferentes partes del mundo, patentándose en el área de alimentación animal, recuperación y extracción de aceite contenida en la tierra.

Para el año 2014 se introdujeron seis (06) patentes de una sola familia relacionadas con un producto para la alimentación animal, por un solo aplicante: Smallwood Norman. El método

documentos de invención relacionado principalmente en la recuperación del aceite adherido a las tierras de blanqueo gastadas mediante diferentes procesos (2000-2014), regeneración de las arcillas decoloradas (2012-2013) a la valorización de las tierras de blanqueo gastadas en el proceso de refinación de aceite vegetal en otros procesos e utilidad como la agricultura, bajo una política de identificar el valor agregado adherido a cada residuo generado en los distintos sectores de la industria.

Por otro lado tiene una patente que trata sobre la preparación de ladrillos rojos claros a partir de las materias primas de la arcilla blanqueadora usada y la arcilla roja, bajo una relación de 10-30% de la arcilla blanqueadora usada y 70-90% de la arcilla roja. La tecnología para preparar el ladrillo rojo claro y otros índices técnicos que indica que cumplen con los requisitos de calidad de la norma nacional GB / T5101-2003. Esta

invención tiene la ventaja que aprovecha el reciclado de residuos de la arcilla blanqueadora gastada, se guardan partes de las fuentes de energía en el proceso de cocción de ladrillo rojo y rojo claro para producir ladrillos con alta calidad.

China ha tenido una importante participación en el registro de solicitudes y concesiones de patentes a partir del año 2010 hasta el año de estudio. Seguido de Japón y República de Corea con igual número de protecciones tecnológicas, cuatro (04) documentos. Mientras que Estados Unidos, Taiwan y Malasia con dos (02), uno (01) y una (01) textos de invención.

Por su parte, Japón ha desarrollado documentos de invención orientados al

Con una menor participación se encuentra la agencia de Taiwan, China y describe un patente que convierte el aceite adsorbido en arcilla blanqueadora agotada en biodiesel y glicerina valiosos. El proceso incluye extracción de aceite de arcilla blanqueadora gastada, preesterificación, transesterificación, separación de glicerina y biodiesel crudo, purificación de biodiesel crudo. Esta información se ubica bajo el nro TW201006921A.

reciclaje de residuos de arcilla gastada para la producción de asfalto reciclado (2004) y producción de zeolita (2004), así como otros métodos para el tratamiento de las tierras y la recuperación del aceite adherido en ella.

La República de Corea se introduce en el sector farmacéutico con la patente ubicada bajo el código: KR100640548B1 y describe un método para producir vitamina b2 como aditivo para piensos y fertilizante para el suelo a partir de la tierra decolorante agotada.

Estados Unidos y Malasia han protegido invenciones que tratan sobre la regeneración de las arcillas gastadas en el proceso de refinación de aceite vegetal y en la recuperación del porcentaje de aceite adherido a estas tierras.

Desarrollo de las áreas de conocimiento

La búsqueda bibliográfica permitió clasificar la recuperación de este subproducto de origen industrial en tres (03) secciones:

- a) Recuperación del aceite adherido a las tierras de blanqueo.
- b) Recuperación de la tierra de blanqueo usadas.
- c) Alternativas de reciclaje de la tierra de blanqueo usadas para otros fines (Cuadro 5).

Métodos de recuperación de aceite

El aceite recuperado, que se obtiene de las tierras decolorantes usadas, presenta generalmente un color bastante oscuro y su calidad es muy baja, debido a que antes de descartar la tierra del proceso de blanqueo se hace pasar aire y vapor a través de ella para retirar el remanente de aceite que quedado absorbido.

Es factible la recuperación de aceite a partir de la tierra de blanqueo usada en la refinación del aceite de palma (Tonsil actisil ref 261), utilizando diversos tipos de solventes (Cuadro 4) tales como el etanol, el n_hexano, el cloroformo y la acetona. El disolvente más utilizado es el hexano (C₆H₁₄). Todos los productos y residuos de producción contaminados por hexano tienen que purificarse para evitar daños al consumidor y al medio ambiente.

De acuerdo a Navas Martínez (2011), los solventes apolares o de menor polaridad

(cloroformo y hexano) permiten extraer mayor cantidad de aceite que los solventes de polaridad mayor (acetona y etanol).

El betacaroteno es extraído de mejor forma con solventes de polaridad intermedia como la acetona, a diferencia de los solventes altamente polares. La recuperación del aceite adsorbido en la tierra para un aceite rico en betacaroteno lo recomendable es la extracción con acetona como solvente.

El proceso de extracción de aceite de soya contenido en las arcillas de blanqueo se realiza mediante la adición de solvente (percloroetileno), el resultado es un contenido de aceite residual del 2,8%. Si es realizada otra extracción bajo similares condiciones se obtiene un 0,3% de aceite en la arcilla. Sin embargo, una sola extracción a similares condiciones pero a 70°C el resultado obtenido es de 2% remanente (Klein, 1 986).

Cuadro 4. Tipos de solventes orgánicos utilizados para la recuperación del aceite.

Solvente	Aceite Extraído (%)	Determinación de betacarotenos (ppm)	Acidez (%)	Indice de peróxidos
n-Hexano	34,19	111,6	10,52	4,04
Etanol	19,89	53	73,73	7,46
Cloroformo	37,07	186,3	8,55	6,58
Acetona	32,41	302,5	51,39	3,26

Elaboración propia, 2017. Datos de (Navas Martínez, 2011).

Métodos de regeneración de las arcillas

Recuperar la tierra usada para una posterior re-utilización en el proceso de blanqueo es aconsejable utilizar acetona como solvente. Recuperar aceite de calidad aceptable para alimentos concentrados o para una posterior refinación para uso alimentario se podría iniciar con una extracción con etanol para remover los ácidos grasos libres y otros compuestos polares o de oxidación, seguido de una extracción con n-hexano (Navas Martínez, 2011).

El método de recuperación del máximo porcentaje de aceite extraído, usando metiletilcetona, la arcilla es sometida a calcinación a temperaturas mayores de 400°C hasta los 600°C durante varios tiempos de calcinación (de 0-200 minutos). Una patente que se trata de un proceso multipasos, emplea extracción acuosa a alta presión seguida de un tratamiento oxidativo y una regeneración de la arcilla recuperada con ácido, obteniendo una tierra del 98-100% de actividad (Taylor, 2005).

Cuadro 5. Métodos de reciclaje de las tierras de blanqueo

<p>Alimentación Animal</p>	<p>Según La Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantea Comestibles, A.C (Aniame, 2008) en Alemania, la tierra de blanqueo usada es parte de la lista positiva de ingredientes para animales, pero se limita su uso si esta contiene carbón activado con sus hidrocarburos poli-aromáticos y algunas trazas de níquel bio-disponible. De igual forma, han realizados pruebas con cerdos, aves y bovinos, mostrando que es posible usar hasta 3% de tierra de blanqueo gastada para ser mezclada en el alimento sin causar ningún problema.</p> <p>En 2011, el autor Smallwood Norman originó la idea de que la sal podría agregarse y mezclarse con tierra decolorante agotada para eliminar el problema de la combustión espontánea y proporcionar un producto de lamer de sal de alta demanda para el ganado. Se presentó una patente provisional para proteger la idea y proporcionar el tiempo para la validación. Durante el verano de 2012, se realizó un trabajo experimental para verificar que las propiedades hidrosféricas de la sal, junto con el efecto de dilución, eliminarían el problema de la combustión espontánea con la tierra decolorante agotada. El trabajo experimental se llevó a cabo durante una semana usando tierra de blanqueo agotada que vino directamente de una planta procesadora de aceite comestible. Se encontró que un contenido de sal tan bajo como 35% eliminaría la combustión espontánea. Para proporcionar un factor de seguridad adicional, se estableció un 45% de adición de sal como mínimo.</p> <p>Los investigadores chinos W.-K. NG, C.-B. KOH, Z.B.(2006) publicaron sobre el empleo de la tierra de blanqueo gastadas (TBG) como sustituto del aceite de pescado en la dieta de la tilapia de Nilo, <i>Oreochromis niloticus</i>. El ensayo de alimentación se llevo a cabo durante ocho (08) semanas, se formularon cuatro dietas prácticas isotrógenas y aislípídicas para contener TBG de 0, 100, 200 o 300 g kg-1. El rendimiento de crecimiento de la tilapia del Nilo fue significativamente mejor en los peces alimentados con la dieta TBG de 100 g kg-1 en comparación con los peces alimentados con la dieta TBG de 0, 200 o 300 g kg-1. El crecimiento y la eficiencia de utilización de pienso de los peces alimentados con 200 o 300 g kg-1 de TBG fueron similares a los peces alimentados con la dieta de control sin TBG añadida. La composición del cuerpo entero, los índices de órganos y el hematocrito de la tilapia no fueron afectados por los tratamientos dietéticos. Esta información también se encuentra documentada en la patente KR100640548B1.</p>
<p>Fertilizantes</p>	<p>En el 2013, los investigadores Soh Kheang Loh y Colaboradores realizaron un estudio sobre la utilización de TBG como fertilizante bio-orgánico. El TBG fue compostado con algunos subproductos agrícolas y de molienda de aceite de palma. El TBG compostado tiene un impacto positivo en los atributos físicos del suelo para el crecimiento de las plantas y el rejuvenecimiento microbiano debido a cantidades adecuadas de elementos minerales beneficiosos; Carbono orgánico mejorado (OC); Capacidad de intercambio catiónico (CEC); Capacidad de retención de agua y relación C: N. Los ensayos realizados en macetas y en el campo indican aumentos muy significativos en la productividad de okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>), kangkung (<i>Ipomoea acuática</i>) y magenta de cacahuete con un aumento de dos veces (35-60%) en promedio en la producción de materia fresca y seca.</p> <p>Recientemente, se ha llevado a cabo un enfoque novedoso sobre la utilización de TBG en la agricultura como un método alternativo para su eliminación. En este estudio elaborado por <i>NASA Astrophysics Data System (ADS), 2013</i> y realizado</p>

	<p>en una parcela experimental en Plant House National University Malasia, se evaluó el efecto de TBG en el crecimiento y la calidad de la berenjena. Se estudiaron los parámetros de crecimiento y calidad de la berenjena, incluyendo el rendimiento total de la fruta, la biomasa total y la concentración de macronutrientes de la hoja, mediante una estrecha vigilancia y evaluación. Los ensayos de campo realizados mostraron que el TBG es eficaz para promover el crecimiento de la berenjena y la absorción de nutrientes en comparación con el tratamiento de control en condiciones de campo. Por lo tanto, con las maneras apropiadas y efectivas de manejar la TBG a través de la conversión en fertilizante bio-orgánico beneficioso, podría convertir a este material que es un desperdicio en el pasado en una ventaja para la agricultura como un sustituto de fertilizantes comerciales.</p>
<p>Construcción</p>	<p>Un estudio realizado por Beshara A1 y Cheeseman CR2. (2014) someten a compactación de baja presión la tierra de blanqueo gastada (TBG), seguida por tratamiento térmico a 150°C provocando la polimerización de los componentes orgánicos residuales y produciendo muestras monolíticas con altas resistencias compresivas no confinadas (54 MPa). Evidenciando que la TBG puede usarse para fabricar nuevos bloques de arcilla para su uso en la construcción unidos por aceite vegetal polimerizado, cumpliendo con las principales variables de procesamiento (temperatura y presión de compactación) sobre la resistencia a la compresión, porosidad y densidad de los bloques de arcilla TBG y los mecanismos responsables del desarrollo de la resistencia.</p> <p>En el Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama, 2014) se presentó una investigación orientada a la “valorización de tierras filtrantes y decolorantes de la refinación de aceites y grasas en la fabricación de ladrillos cerámicos” por Dolores Eliche Quesada, en el que se evaluó el empleo como materia prima de tierras decolorantes (TDA) agotadas, obtenidas como residuo en las etapas de filtración y de blanqueo del proceso de refinado de aceites y grasas, en la fabricación de ladrillos cerámicos de arcilla. Se prepararon ladrillos de arcilla conteniendo entre el 0-30% en peso de residuo, TDA por compresión y cocción en aire en un horno eléctrico (950 °C, durante 4 h). Se estudió la influencia de la cantidad y tipo de residuo incorporado en las propiedades tecnológicas de los ladrillos a través de la contracción lineal, densidad aparente, succión de agua, absorción de agua y porosidad aparente. Las propiedades mecánicas y microestructurales fueron evaluadas mediante resistencia a la compresión y microscopía electrónica de barrido (SEM) y su comportamiento térmico mediante la conductividad térmica. Los resultados obtenidos muestran que la adición de cantidades crecientes de TDA produce un efecto positivo; la pérdida de peso, la densidad aparente y la conductividad térmica disminuyen mientras que la porosidad aparente aumenta; y un efecto negativo; aumento de la absorción de agua y disminución de la resistencia mecánica. El equilibrio se alcanza con la adición del 10% en peso de TDA, con una con una reducción de la densidad aparente del 6,2% y 9,5% y una reducción de la conductividad térmica del 14,1 y 17,7%, respectivamente, respecto al ladrillo estándar fabricado sólo con arcilla, disminuyendo la resistencia a la compresión un 10% y 24%, respectivamente.</p>
<p>Combustible</p>	<p>Park et al. (2008), investigaron sobre la producción de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) a partir de tierra de blanqueo activada desechada (TBAD) por la industria de refinación de aceite, utilizando lipasa de <i>Candida cylindracea</i> en una planta piloto de 50 litros. Se utilizó aceite, diesel o queroseno como disolvente orgánico para la transesterificación de triglicéridos incrustados en el TBAD. Cuando se añadió lipasa al 1% (p / p) al TBAD residual, el contenido de FAME alcanzó 97% (p / p) después de la reacción durante 12 h a 25 grados °C con una velocidad de agitación de 30 rpm. La velocidad de producción de FAME era fuertemente dependiente de la cantidad de enzima añadida. Se evaluaron las mezclas de FAME y gasóleo a relaciones de 45:55 (BDF-45) y 35:65 (BDF-35) y se compararon con las especificaciones europeas para biodiesel como combustible diesel para automóviles, según se define en la norma EN 14214.</p> <p>Por otra parte, Loor y Jara (2015) publicaron sobre la extracción de Aceite contenido en la tierra de blanqueo para producción de Biodiesel, utilizando como solvente rubbert solvent y etanol en el equipo de soxhlet; el primer solvente utilizado (rubbert solvent) arrojó un alto rendimiento de extracción, obteniendo un buen aceite residual. Con el aceite recuperado se procede a obtener biodiesel por medio de una transesterificación de los ácidos grasos, considerando los parámetros experimentales importantes de: temperatura de reacción, tiempo y relación molar alcohol/aceite, una vez obtenidos y pasado por procesos de purificación. Los resultados del análisis nos dio que el biodiesel tuvo una alta conversión de metil esteres siendo del 100%.</p>
<p>Tratamientos de agua</p>	<p>En el 2002, los investigadores <i>Tsai, W T; Chen, C H; Yang, J M</i> llevaron a cabo una serie de experimentos de regeneración con activación física sobre los residuos de tierra de blanqueo procedentes del proceso de refinado de soja en un reactor rotatorio, determinando la influencia de los parámetros de activación sobre la arcilla gastada variando el tiempo de retención de 1 a 4 horas aproximadamente y la temperatura de 700 a 900 grados C aproximadamente.</p> <p>Mientras tanto, los autores Mohammad Hassan Ehrampoush et al (Der Pharma Chemica, 2015) emplearon la tierra de blanqueo reciclado de las industrias de aceite vegetal como adsorbente del cianuro en soluciones acuosas. Se investigaron los efectos del pH, la concentración inicial de cianuro, el tiempo de contacto y la dosis de adsorbente en un reactor discontinuo. Se examinaron las condiciones óptimas obtenidas sobre las aguas residuales de la industria de coque Kerman y se analizaron cinéticas e isotermas de adsorción de cianuro. Los resultados arrojaron que la tierra de blanqueo regenerada con una concentración de NaOH 1 N tenía una capacidad de adsorción más alta que otros agentes regenerados. La máxima adsorción de cianuro se logró a un pH de 7 y un tiempo de contacto de 140 minutos. A medida que aumentaba la dosis de adsorbente, la eficiencia de eliminación aumentaba, pero la capacidad de adsorción disminuía. El efecto de la decoloración de la tierra en aguas residuales de la industria del coque en condiciones óptimas reveló que la tasa de eliminación de cianuro fue del 86%. Los datos de esta investigación tuvieron la mayor conformidad con la isoterma de Langmuir-2. La capacidad máxima de adsorción de cianuro en TBGR fue de 13 mg / g. Además, Elovich fue el modelo más apropiado para determinar la cinética de reacción. Los resultados de este estudio mostraron que los costos de tratamiento de las aguas residuales que contienen cianuro podrían reducirse mediante la regeneración de estos residuos industriales.</p> <p>En el 2016 se publica un artículo en la revista <i>Water Science & Technology</i>, en la que se valoriza la tierra blanqueada gastada (SBE) procedente de la refinación de AFIA en la región occidental de Argelia para la remoción de azul de metileno de las aguas residuales de algunas industrias de textil. El residuo biológico fue quemado para eliminar las huellas de</p>

	<p>aceite, luego fue valorado de dos maneras: (i) químicamente, usando ácido fosfórico para obtener SBEC y (ii) térmicamente a 750 WC para crear SBEH. Los materiales obtenidos se utilizaron por primera vez como biosorbentes en el campo de tratamiento de aguas residuales. Los tres biomateriales muestran propiedades de adsorción muy interesantes, con superficies específicas de 194,2, 784,6 y 888,5 m²g⁻¹ para SBE, SBEC y SBEH, respectivamente. El análisis ha revelado que los materiales obtenidos son aluminosilicatos. Los tres residuos bio se han utilizado para eliminar el colorante azul de metileno del agua. El colorante fue totalmente eliminado por un mecanismo de fisiorción en presencia de 1 g L⁻¹ de cada biowaste después de 8, 10, 20 min de tiempo de contacto. El coeficiente de correlación más alto (R² = 0,99) se relacionó con la isoterma de Langmuir, indicando un buen ajuste con este modelo, y explicando la biosorción como un proceso monocapa. De acuerdo con este modelo, las capacidades de adsorción fueron 123,3, 185,2 y 188,7 mg g⁻¹ para SBE, SBEH y SBEC, respectivamente. Este estudio muestra que SBE puede ser utilizado como una alternativa a adsorbentes comerciales para la eliminación de tintes de agua.</p>
<p>Otros</p>	<p>Un estudio elaborado por Tajima, Satoshi <i>et al.</i> (2009), emplean el uso de la tierra de blanqueo gastada para la producción de riboflavina. A partir de aceite vegetal contenido en la TBG se alimentó una cepa mutante de <i>Ashbya gossypii</i>. Este mutante se generó tratando la cepa de tipo salvaje con N-metil-N'-nitro-N-nitrosoguanidina (MNNG). La producción de riboflavina fue 10 veces mayor en el mutante en comparación con la cepa de tipo salvaje. La actividad de la catalasa intracelular específica después de 3 de cultivo fue 6 veces mayor en el mutante que en la cepa de tipo salvaje. Para el mutante, la producción de riboflavina en presencia de peróxido de hidrógeno 40 mM fue un 16% menor que en ausencia de peróxido de hidrógeno, mientras que fue 56% menor para la cepa de tipo salvaje. La actividad de isocitrato liasa (ICL) del mutante fue de 0,26 mU / mg de proteína durante la fase de producción activa de riboflavina, que fue 2,6 veces mayor que la cepa de tipo salvaje. Estos datos indican que el mutante utiliza el flujo de carbono del ciclo de TCA al ciclo de glioxilato más eficientemente que la cepa de tipo salvaje, dando como resultado una producción de riboflavina mejorada. Este nuevo mutante tiene el potencial de ser útil para la producción de riboflavina a escala industrial a partir de tierra de blanqueo activada por desechos (TBA), transformando así un material inútil en un bioproducto valioso.</p> <p>La TBG también fue empleada en el sector agroindustrial para la adsorción de paraquat, un herbicida con compuesto de Dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo, un viológeno. Este estudio fue desarrollado por los investigadores Tsai WT <i>et al.</i> (2002), realizando una serie de experimentos de regeneración con activación física de la tierra blanqueante del proceso de refinación de soja en un reactor rotativo. Se determinó la influencia de los parámetros de activación en la arcilla agotada variando el tiempo de retención de 1 a 4 horas aproximadamente, bajo una temperatura de 700 a 900 °C. Estudiaron las variaciones de las propiedades de los poros, así como el cambio de las características químicas en los sólidos resultantes. Los resultados mostraron que las muestras fueron del tipo IV con bucles de histéresis correspondientes al tipo H3 de las isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno, indican características mesoporosas en forma de hendidura. Sin embargo, las arcillas regeneradas tenían áreas superficiales más pequeñas (70 a 117 m²/g aproximadamente) que aquellas (245 m²/g) de tierra blanqueadora fresca. Bajo las condiciones de activación física investigadas, el tiempo de retención de 1 hora y la temperatura de 700 °C fueron las condiciones óptimas para producir arcilla mesoporosa con activación física. La adsorción de paraquat en la muestra regenerada también se evaluó. La isoterma mostró que la muestra regenerada todavía tenía una alta afinidad por este herbicida. Por lo tanto, la regeneración de este desecho agroindustrial es una opción para utilizar el recurso de arcilla, y puede usarse para aplicaciones de tratamiento de agua para eliminar contaminantes orgánicos.</p> <p>Las alternativas de recuperación de aceite contenido en la TBG, la regeneración del material arcilloso y los posibles usos secundarios de la tierra de blanqueo empleada en el proceso de refinación del aceite vegetal, permitirá tener una visión amplia de la valorización de este subproducto de origen industrial; con el objetivo de adecuar según condiciones técnico-económicas el mejor proceso que se ajuste a las industrias aceiteras. Contribuyendo de manera directa con la disminución de residuos peligrosos, costos asociados al tratamiento de estos materiales y a la diversificación del mercado nacional con la incorporación de materia prima secundaria.</p>

CONCLUSIONES

La decoloración o blanqueo de aceites comestibles se realiza con arcillas naturales (bentonita) activadas con ácido y conocidas como arcillas o tierra de blanqueo, usadas para clarificar y reducir el color intenso de las grasas y aceites. Estas adsorben pigmentos de color (compuestos carotenoides), fosfolípidos y 30% de aceite del proceso.

Existen alternativas para recuperar tanto la arcilla gastada como el aceite que queda retenido. Para la recuperación de aceite comprende reaccionar la tierra blanqueadora con un solvente que consta de tolueno, acetona, xileno, alcohol isopropilo o n-hexano. Posterior a la extracción del aceite, la arcilla se encuentra disponible para ser reusada.

Para el caso de la reactivación de las arcillas despojadas por calcinación se tiene una eficiencia de blanqueo de las tierras reactivadas variando entre 86 y 94%.

La tierra de blanqueo puede ser empleada como alimento en la nutrición animal, específicamente en bovinos, aves y cerdos. Se trata de mezclar la tierra de blanqueo gastada (10-35 %) con un componente de sal (50-85 %), una composición de agente aglutinante (5-15 %) y agua.

El material orgánico contenido en las tierras de blanqueo gastadas se puede extraer y convertir en metil éster, mediante interesterificación con metanol para producir biodiesel, ya que este es un biocombustible que se elabora con aceites vegetales.

Existen otras alternativas de reciclaje de las tierras de blanqueo gastadas empleadas en la alimentación de una cepa mutante para la producción de riboflavina, y la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales (cobre, cianuro, azul de metileno, entre otros). Sin embargo, estas vertientes se encuentran aun insipiente y se requiere desarrollo de estas investigaciones que permita identificar fortalezas para posible escalamiento de algunas de estas propuestas.

REFERENCIAS

- Ali B. et al (2016) Eliminación del colorante azul de metileno del agua por un biosorbente de tierra blanqueante agotado. *Water Science Technology*, Vol 74, N°11.
- Aragón, C.; De la Torre, E; Guevara, A; Haro, C. (2014). Regeneración de Arcillas de Blanqueo Empleadas en la Decoloración de Aceites Vegetales Comestibles. Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Metalurgia Extractiva. REVISTA EPN, VOL. 34, N°. 1. Quito, Ecuador.
- Beshara, Abdelhamid et al (2016). Reutilización de tierra decolorante gastada mediante polimerización de residuos orgánicos. *Water Science & Technology*.
- Chang I. et al (2010) Conversión de biodiésel de aceites residuales recuperados de la tierra de blanqueo agotada generada en las refinerías de aceite de soja. Patente: TW201006921A
- Cortez G, Lilian Camila; Torres Cruz, Sonia Liliana. (2016). Evaluación de las alternativas para el aprovechamiento del residuo de la filtración de un aceite comestible. Universidad de la Salle. Bogotá-Colombia.
- Enoch Y. et al (2004) Utilización de tierra blanqueadora activada residual que contiene aceite de palma en la producción de riboflavina por *Ashbya gossypii*. *Journal of the American Oil Chemists Society*.
- García, E. y Suárez, M., 2001, "Las arcillas: Propiedades y usos", <http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/arcillas.htm>, (junio, 2 011).

- Harvey, C. y Lagaly, G., 2 006, "Conventional Applications", en Bergaya, F., et al., "Handbook of Clay Science", primera edición, Elsevier, Amsterdam, Países Bajos, pp. 501, 507.
- "Home Thomson Reuters." [Online]. Available: <https://www.thomsonreuters.com/en.html>. <https://www.patentinspiration.comhttps://helens.com>
- Ibrahim, A., 1 999, "Current and Prospective Export Market Developments for Palm Oil" en Leonard, E., et al., "Proceeding of the World Conference on Palm and Coconut Oils for the 21st Century: Sources, Processing, Applications and Competition", American Oil Chemists' Society, Illinois, USA, p. 30.
- Jara, Dennis; Loor, Vivian. (2015). Recuperación de aceite en tierra de blanqueo usada a través de extracción con solventes para obtener biodiesel. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Klein, J., 1 986, "Methods for Recovering Oil from Spent Bleaching Earth" en American Oil Chemists' Society y Baldwin, A., "World Conference on Emerging Technologies in the Fats and Oils Industry", AOCS Press, Illinois, USA, pp. 169-171.
- Lusas, E., 2 003, "Animal and Vegetable Fats, Oils and Waxes" en Riegel, E. y Kent, J., "Riegel's Handbook of Industrial Chemistry", décima edición, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA, p. 290.
- Navas Martinez, Feiber. (s/f). Recuperación de aceite en la tierra de blanqueo usada en la refinación de aceite palma. Alimentos Tecnológica FITEC. Colombia.
- O'Brien, R., 2 009, "Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications", tercera edición, CRC Press, New York, USA, pp. 22, 44-78, 80, 85, 86, 103, 104.
- Saleh, Y. y Zahrani, A., 1 999, "Techno-economical Evaluation of Oil Recovery and Regeneration of Spent Bleaching Clay", Journal of King AbdulAziz University, 11 (2), 115.
- Shim K. *et al* (2007). Método para producir vitamina b2 usando tierra decolorante gastada. Patente: KR100640548B1
- Smallwood, Norman (2015). Use of spent bleaching earth for economic and environmental benefit. AOCS. <https://www.aocs.org/stay-informed/read-inform/featured-articles/use-of-spent-bleaching-earth-for-economic-and-environmental-benefit-may-2015>
- Smallwood Norman (2013). US. Patent N.º [WO2013052357A2]: patente inspiration.
- Taylor, D., 1993, "Adsorptive Purification", en Applewhite, T., "Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization", AOCS Press, Illinois, USA, pp. 152-161.
- Taylor, D., 2 005, "Bleaching", en Shahidi, F., "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", sexta edición, Wiley-Interscience, New Jersey, USA, pp. 287-293, 302-308, 311, 312, 315, 316, 320-323.
- Tsai, W., et al., 2 002, "Regeneration of spent bleaching earth by pyrolysis in a rotary furnace", Elsevier, 63 (1), 157.
- Zahrani, A. y Daous, M., 2 000, "Recycling of Spent Bleaching Clay and Oil Recovery", IChemE (Institution of Chemical Engineers), 78 (B), 224.