SE
SECRETARIA DE ECONOMÍA

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

TÍTULO DE PATENTE NO. 332661

Titular(es): CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO A.C.

Domicilio: Av. Normalistas No. 800, Col. Colinas de la Normal, 44270, Guadalajara, Jalisco, MEXICO

Denominación: PROCESO DE TRATAMIENTO DE VINAZAS

Clasificación: Int.Cl.8: C02F1/00; C02F1/66; C02F11/04; C02F11/14; C02F3/28; C02F9/00

Inventor(es): JOSEFINA ESTHER LINERIO GIL; ABEL GUZMÁN CARRILLO

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
JL/a/2004/000046	7 de diciembre de 2004	15:20

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 7 de diciembre de 2024

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1°, 2° fracción V, 6° fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6° fracciones III y 7° bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009,06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012); artículos 1°, 3° fracción V inciso a), sub inciso iii) 4° y 12° fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1°, 3°, 4°, 5° fracción V inciso a), sub inciso iii) 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1°, 3° y 5° inciso a) y antepenúltimo párrafo del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 26 de septiembre de 2012

SUBDIRECTOR DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE REGISTROS DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

PEDRO DAVID FRAGOSO LÓPEZ

Arenal No. 550, Piso 1,
Col. Pueblo Santa María Tepepan,
Delegación Xochimilco,
C.P. 16020, México, D. F.
Tel. (55) 53 34 07 00 www.impi.gob.mx

MX/2015/75313

332661
26-09-12

Instituto
Mexicano
de la Propiedad
Industrial

"PROCESO DE TRATAMIENTO DE VINAZAS"

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere al campo de tratamiento de aguas residuales, específicamente de vinazas.

ANTECEDENTES

Las vinazas son las aguas residuales o efluentes líquidos resultado de la elaboración de bebidas destiladas de agave, se definen como el residuo formado por el material no volátil que queda en el fondo del alambique después del destrozamiento y rectificación del mosto de agave fermentado. Físicamente, la vinaza es un líquido turbio, color café rojizo, con un contenido de sólidos en suspensión variable que lo pueden hacer fluido o espeso, con un olor característico alcohol-caramelo que recuerda el olor de agave cocido. Las vinazas las forman fibrillas de agave que no se retuvieron en la etapa de filtración del jugo de agave, células de levadura agotada, azúcares residuales, ácidos, ésteres, alcoholes superiores, sustancias que dan color caramelo, etc.; y aunque no son residuos peligrosos se catalogan dentro del tipo de aguas residuales complejas.

La descarga de vinazas se realiza a temperaturas cercanas a los 90°C, con las siguientes características: concentración de materia orgánica elevada, demanda química de oxígeno (DQO), 50 a 80 g/l; demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) promedio de 40 g/l; pH ácido, menor a 4; concentración promedio de sólidos de 36 g/l, y una elevada concentración de sales, sobre todo Ca, K y SO_4. En general estos residuos se descargan en los terrenos de cultivo, de agave o maíz, en cuerpos de agua adyacentes a las empresas productoras; o al drenaje municipal.

Aunque existen numerosos tipos de vinazas, dependiendo de la bebida destilada de la que provengan, en esta solicitud únicamente se incluyen las vinazas que se mencionan a continuación:

a) Vinazas de Tequila (Tequilazas)

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Provienen de la etapa de la destilación del mosto de agave fermentado, salen a temperaturas de 85 a 95 °C, pH de 3 a 4 unidades, con un alto contenido de sólidos totales (20 a 80 g/l) y con Demandas Químicas y Bioquímicas de Oxígeno entre 40 y 80 g/l y de 30 g/l respectivamente.

b) Vinazas de Mezcal (Mezcalazas)

Con características fisicoquímicas similares a las de las vinazas tequileras pero con un mayor contenido de sapogeninas (datos no reportados).

c) Vinazas de otras bebidas de agave

Estos efluentes tienen características muy parecidas a los procedentes de la elaboración de Tequila y Mezcal.

Los procesos de tratamiento de aguas residuales conocidos actualmente incluyen diferentes operaciones unitarias, que pueden ser físicas, químicas y/o biológicas, muchos de ellos se han aplicado en el tratamiento de efluentes que se producen durante la elaboración de bebidas alcohólicas destiladas. Para el caso de las vinazas tequileras y vinazas de otras bebidas de agave existen pocos estudios reportados con resultados que permitan obtener un líquido clarificado, que cumpla con los parámetros estipulados en la normatividad oficial en materia de aguas residuales (NOM's 001, 002 y 003) para ser descargado en cualquier cuerpo receptor, sin dañar el ambiente. Principalmente en el caso de pH de 5.0 a 10.0 unidades, temperatura <40 °C, DBO_5 de 150 a 200 mg/l, sólidos suspendidos totales de 150 a 200 mg/l y sólidos sedimentables de 1 a 2 ml/l, entre otros.

Los procesos reportados en general, para efluentes de bebidas alcohólicas destiladas únicamente discuten el tratamiento biológico avanzado, enfocándose a reactores anaerobios en sus diferentes variantes: empacados, de lecho de lodos y flujo ascendente (UASB), reactores fluidificados o de lecho granular expandido etc. Aunque la digestión anaerobia aparentemente es una operación sencilla, su éxito está en función del equilibrio complejo entre los diferentes grupos microbianos, que involucran principalmente las reacciones en

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

cadena de hidrólisis, fermentación, acidificación, y metanogénesis (producción de biogás, mezcla de CO_2 y metano).

Además se deben cubrir los requerimientos nutricionales y ambientales de las bacterias y coordinar adecuadamente los parámetros de operación del reactor con las características de la vinaza. Aunque la remoción de material orgánico en la etapa de digestión anaerobia es elevada, el efluente a la salida del reactor aún no cubre los requerimientos normativos de DBO_5 (150 – 200 mg/l) para descarga en ríos que derivan a riego agrícola, por lo que es necesario implementar una tercera etapa para el "pulido" o tratamiento terciario previo a su disposición final. Para este propósito los humedales artificiales, según la oficina para aguas de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), son estanques o canales, de poca profundidad, específicamente construidos para el control de la contaminación de aguas residuales pretratadas, se clasifican en dos tipos, los de agua superficial libre y los empacados de flujo subsuperficial y lecho de raíces, ambos usan vegetación acuática emergente y dan la apariencia de esteros.

Entre los trabajos reportados se encuentran los realizados por Noyola (1994), quien registró la patente MX172965, denominada "Reactor de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia o anóxica" que se refiere a un reactor de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales de altas o bajas concentraciones, el cual elimina la materia orgánica en ausencia de oxígeno, así como nitratos y nitritos por vía anóxica, y que utiliza el concepto de lecho de lodos, donde se encuentran los microorganismos que van a depurar el efluente. La invención especifica el sistema de alimentación y distribución del agua a tratar, el sistema de captación y separación del biogás generado en el proceso, y que al mismo tiempo evita la evacuación de sólidos suspendidos y microorganismos con el líquido clarificado; pero no incluye etapas de pretratamiento ni tratamiento terciario para aguas residuales de altas concentraciones como las vinazas.

Deodat (1996), presentó una solicitud de patente PA/a/1996/005695, sobre un "Proceso para tratar aguas residuales que resultan de la producción de tequila", la cual comprende un

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

filtro de percolación, una unidad de lodos activados, seguida de cuando menos otro filtro de percolación, el cual recicla el agua en una relación de 4:1 o mayor. Proceso y operaciones unitarias diferentes a las que se plantean en esta solicitud.

La patente US5114593 describe el método para remover derrames de petróleo cubriendo la parte dañada con un absorbente, compuesto de lirio acuático seco y pulverizado. El lirio se cosecha de forma manual o mecánica, se seca por métodos conocidos y posteriormente se pulveriza; el producto seco y pulverizado se aplica sobre el derrame. El lirio *Eichornia crassipes*, prolifera en cuerpos de agua y es particularmente abundante en México. Por otro lado, la presente invención, utiliza la planta completa de lirio acuático en su forma natural flotante tal como se encuentra en los cuerpos de agua; la cual absorbe la materia orgánica y depura el agua residual en la etapa de tratamiento terciario por humedales.

En el ámbito de investigación aplicada, se han encontrado diversos documentos, que se mencionan a continuación:

Akuna y Clark (2000), utilizaron un reactor anaerobio de lecho granular con bafles (GRABBR) con aguas residuales de la destilación de whisky, y lograron remover 80% de la demanda química de oxígeno (DQO) con una carga orgánica del 4.75 kg DQO/m^3.d, lo que demuestra la efectividad de este sistema para aguas residuales de alta carga como las vinazas de whisky. Este método contempla un reactor y sustrato diferentes a los que se incluyen en la presente invención.

Wolmarans y Villiers (2002), reportan el arranque de una planta de tratamiento de aguas residuales de destilería, utilizando un reactor de lecho de lodos y flujo ascendente (UASB), en un periodo de una semana, con una carga inicial de 4 a 8 kg de DQO/m^3.d, hasta que el proceso se estabilizó con una remoción mayor del 90% de DQO; entonces se aplicó una carga de 4 a 18 kg de DQO/m^3.d con la misma eficiencia. No se trata de un proceso completo, que incluya pretratamiento y tratamiento terciario.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Las vinazas provenientes de una bebida destilada elaborada con cerezas fueron sometidas a un tratamiento integrado de oxidación biológica aerobia y ozonación. La conversión que se logró con el proceso de lodos activados fue del 95 y 82% de DBO_5 y DQO respectivamente. Debido a que el contenido de polifenoles no redujo más del 35%, se incluyó una etapa de ozonación como postratamiento con el fin de reducir aún más el nivel de estos compuestos, proceso que resultó apropiado para usarlo en combinación con la oxidación aerobia (Beltrán y col., 2001). Un tratamiento similar realizado por Martín y col. (2002) combina la digestión anaerobia de vinazas con ozono, ozono-luz UV y ozono-UV en presencia de titanio. El último tratamiento redujo DQO y carbono orgánico total (COT) e incrementó el rendimiento y la tasa media de digestión anaerobia en 25%. Estos documentos utilizan procesos y operaciones unitarias diferentes a las reclamadas en la presente invención.

Voellger (2000), usó un reactor anaerobio de lecho fluidizado y película fija, con piedra pómez como material de soporte. El sustrato fueron vinazas tequileras 100% agave, con una DQO de 54 g/l y pH de 3.3. La mayor remoción de DQO (90%) se observó aplicando una carga de 9.9 g DQO/l.d y TRH de 2 días. Este trabajo no cumple con los requerimientos de descarga contemplados en la normatividad oficial vigente.

Para evaluar el efecto de recirculación de la vinaza tequilera Ilangovan y col. (1996) realizaron el arranque mediante incrementos escalonados de carga orgánica volumétrica en dos reactores UASB, con y sin recirculación (radios 1:100 y 1:800). En este caso la recirculación permitió alimentar cargas mayores hasta de 22 kg $DQO/m^3.d$ y remoción de DQO del 86%. De igual manera que en el documento anterior no cumple con el grado de depuración ni es un proceso completo como el que se desea proteger.

Respecto al uso de humedales en tratamiento terciario de aguas residuales, Kreiner (1995) lo ha usado en el tratamiento de efluentes provenientes de un tratamiento secundario, utilizando como plantas emergentes tule, apio y únicamente suelo. Tanto las plantas como el agua residual son diferentes a las que incluye esta protección.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Billore y col., 2001 reportan el tratamiento de vinazas de destilería de alcohol, a partir de melazas de caña, en humedales artificiales para depurar DQO, SST, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total Kjeldhal y fósforo (NH_4-N, NTK y P); se probó un sistema horizontal subsuperficial en cuatro celdas, las dos primeras para tratamiento preliminar, que realizan tratamiento biológico, sin plantas; la tercera se sembró con *Typha latifolia* para remover fósforo, y la última celda se sembró con *Phragmites karka*. Este documento reporta el uso de otras plantas con diferente sustrato.

Los trabajos reportados anteriormente involucran diversas tecnologías que se utilizan en el tratamiento de efluentes de bebidas destiladas, y que se han aplicado a las vinazas, siendo la más usada y con mejores resultados la digestión anaerobia. Sin embargo, la mayoría de los reportes la menciona como una etapa aislada, que si bien logra elevados porcentajes de remoción de materia orgánica por sí sola es incapaz de descargar un efluente con las características de depuración requeridas por la normatividad oficial vigente para la descarga en cuerpos receptores (NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003 SEMARNAT-1997). Por lo tanto, nuestra contribución consiste en haber integrado un proceso de tratamiento como solución para la depuración de vinazas provenientes de bebidas destiladas de agaves spp. El proceso agrupa cuatro grandes etapas: pretratamiento fisicoquímico, tratamiento biológico secundario en ausencia de oxígeno, postratamiento o tratamiento terciario con humedales artificiales y desinfección para finalmente descargar las vinazas en el drenaje municipal, en cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagos y lagunas), o utilizarlas como agua para riego agrícola directamente.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La figura 1 es un diagrama de flujo que describe la secuencia de las cuatro etapas del proceso de tratamiento de vinazas de la presente invención y la figura 2 es un diagrama que desglosa las operaciones de cada etapa del mismo proceso.

Proceso de tratamiento de vinazas

Con referencia a dichas figuras el proceso de tratamiento de los diversos tipos de vinazas generados durante la producción de bebidas destiladas a partir de agaves spp, como: vinazas de tequila (tequilazas), vinazas de mezcal (mezcalazas) y vinazas de otras bebidas de agave, consiste de las siguientes etapas:

1. TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO

La vinaza a la salida del alambique, se pasa a un tanque ecualizador convencional, con aireación forzada donde se realizan operaciones de enfriamiento y neutralización; posteriormente en un sedimentador típico se lleva a cabo la separación (líquido-sólido) para obtener un agua residual pretratada. A continuación se describe cada operación:

1.1. Enfriamiento: Las vinazas se descargan a una temperatura que oscila en el rango de 85 a 95 °C, por lo que es necesario disminuirla a por lo menos 40 °C. Esta operación se realiza en un tanque ecualizador, convencional, con aireación forzada y agitación. El tiempo de residencia total (TR), se determina en función del volumen de vinazas por volumen del tanque ecualizador y varía dentro del rango de 6 a 12 horas.

1.2. Neutralización: El objetivo de esta operación es cambiar el pH inicial de las vinazas de <4 para llevarlo a 6.5, por así requerirlo la etapa posterior de tratamiento; además la NOM-001-SEMARNAT-96 especifica un rango de descarga de 5 a 10 unidades. Este paso se realiza con diferentes agentes químicos, entre los que se encuentran hidróxido de calcio, $Ca(OH)_2$, hidróxido de sodio (NaOH), bicarbonato y carbonato de sodio, todos de grado industrial. La dosis requerida varía en función del pH de la vinaza, del agente químico utilizado y del pH requerido para el tratamiento biológico avanzado (etapa 2). El

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

neutralizante se agrega directamente al tanque, en forma gradual, hasta alcanzar las condiciones apropiadas de pH.

1.3 Sedimentación: Se realiza en un sedimentador convencional, equipado con un sistema de agitación por propelas y velocidad variable, con el objetivo de precipitar gran parte de los sólidos suspendidos, induciendo que se lleve a cabo el fenómeno *coagulación-floculación-precipitación* para la obtención de un líquido clarificado, de la siguiente forma:

-*Coagulación:* Se aplica en este proceso porque una parte importante de los sólidos que normalmente se encuentran en los efluentes del tequila, mezcal y similares, están en estado coloidal, por lo que no floculan sin el rompimiento de las fuerzas que los mantienen en equilibrio (neutralización de cargas). La coagulación se realizas mediante la adición de agentes químicos como el sulfato de aluminio, grado industrial, en concentraciones de 1 a 5 ppm, la velocidad de agitación se controla entre 15 y 30 rpm durante 30 minutos.

-*Floculación:* Es un paso secuencial de la coagulación y consiste en la aglomeración de partículas finas o coloides que de manera natural no se agrupan. Este fenómeno se realiza con ayuda de agentes químicos naturales o sintéticos como polímeros comerciales, grado alimenticio, amigables con el ambiente, los cuales ayudan a formar conglomerados o flóculos con características apropiadas en tamaño, consistencia y peso, que facilitan la sedimentación. La dosis utilizada se encuentra dentro del rango de 0.5 a 1.5 ppm, la velocidad de agitación se controla entre 15 y 20 rpm durante 30 minutos

-*Precipitación*: Consiste en el asentamiento de los flóculos formados en el paso anterior, a una velocidad acelerada, con un tiempo de reposo que va de 30 a 90 minutos después de la agitación.

1.4. Separación (Líquido-Sólido): En el tanque de sedimentación se van a separar los sólidos que no se depositan por gravedad de forma natural, sumados a los que si lo hacen, para esta separación el equipo cuenta con accesorios que permiten la separación de los sólidos gruesos de forma mecánica (rejillas de desbaste y purga de lodos). Los sólidos

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

sedimentados pasan a un proceso de compostaje convencional no contemplado en esta descripción.

En conjunto la etapa de pretratamiento, que incluye los pasos de enfriamiento, neutralización, y sedimentación permite obtener un agua residual pretratada con un porcentaje de DQO y DBO_5 menor de 20 a 25 % de las condiciones de entrada del efluente.

2. TRATAMIENTO BIOLÓGICO AVANZADO

Una vez obtenida la vinaza pretratada, con 25% menos de materia orgánica (DQO aproximada a 39000 mg/l), sin sólidos suspendidos visibles, pH 6.5 y temperatura < 40 °C, pasa a la siguiente etapa en serie del proceso, que consiste en un tratamiento biológico en un reactor anaerobio convencional, de lecho de lodos y flujo ascendente, con un volumen de inóculo del 30% del volumen del reactor, el cual consiste de una mezcla de lodo anaerobio granular activo, previamente adaptado a la vinaza. Las condiciones de operación son: temperatura ambiente, pH 6 – 7, tiempo de retención hidráulico (TRH) 2 días, agitación generada por el burbujeo de biogás. La carga orgánica es escalonada, para adaptar gradualmente los microorganismos a la vinaza y se incrementa de 2 a 15 Kg DQO/m^3 reactor.d. En esta etapa se remueve del 80 al 85 % de la DQO, y la vinaza sale con un contenido de materia orgánica entre 5000 y 8000 mg DQO/l, a 30 – 35 °C, pH 7 – 7.5, sin sólidos suspendidos ni sedimentables visibles y es de color ámbar. En la etapa de arranque se adiciona sal de cloruro férrico, como micronutriente, en una concentración de 50 a 100 ppm, para cubrir los requerimientos nutricionales de los microorganismos. Durante el primer año de operación del reactor, la producción de lodos de purga es mínima, cuando se generen lodos en exceso, se envían a un proceso de compostaje convencional.

Aunque la remoción de material orgánico en la etapa de digestión anaerobia es elevada, el efluente a la salida del reactor aún no cubre los requerimientos normativos de DBO_5 (150 – 200 mg/l) para descarga en ríos que derivan a riego agrícola, por lo que es necesario implementar una tercera etapa para el "pulido" o tratamiento terciario previo a su disposición final.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

3. TRATAMIENTO TERCIARIO EN HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales se clasifican en dos tipos: humedal superficial libre flotante y de lecho vegetativo de raíces, ambos están formados por estanques o celdas horizontales, con una profundidad menor a un metro, donde se siembran plantas acuáticas, especificas para la depuración del agua residual a tratar.

La vinaza que sale del reactor anaerobio pasa a un humedal artificial combinado, que consta de dos secciones, la primera con plantas libres flotantes, específicamente lirio acuático (3.1), conectado en serie a lechos vegetativos de raíces, sembrados con los pastos pará y vetiver (3.2). Las celdas son horizontales, de forma trapezoidal, recubiertas con geomembrana impermeable; con una relación área volumen de 3:1, pendiente de 1 a 2 %, densidad de 15 a 20 plantas/m^2 y TRH de 1 día para las celdas con lirio y de 2 días para el lecho de raíces Para el soporte de las raíces de los pastos, las celdas contienen un empaque formado por capas alternadas de grava (0.5 a 1.0 pulgada de diámetro) y arena de río, con un espesor de 15 cm cada una.

La materia orgánica entra a la primera sección (celda con lirio) con un rango de 5000 a 8000 mg/l de DQO y sale entre 1200 y 1500 mg/l, así pasa al lecho de raíces, de donde sale entre 150 y 200 mg/l de DQO final, y una DBO_5 de entre 40 y 120 mg/l; ando una eficiencia en esta etapa > 97 %.

4. DESINFECCIÓN

La desinfección se lleva a cabo con el objetivo de inactivar los microorganismos patógenos que se incorporan en la etapa de tratamiento biológico secundario y pasan a la etapa siguiente de tratamiento terciario, donde hay remoción de estos microorganismos y otros que se encuentran de manera natural en las plantas y el suelo hasta en un 98.5%, el resto sale con el efluente clarificado y es necesario eliminarlo mediante desinfección para satisfacer los requerimientos de descarga final en suelo o cuerpos de agua.

Esta etapa se realiza en un tanque convencional, tipo carrusel, con adición dosificada de hipoclorito de sodio en solución, grado industrial, en una concentración de 20 a 25 ppm,

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

con un tiempo de contacto mínimo de 1 hora, para mantener una concentración de cloro residual activo de 1 a 3 ppm.

Las remociones globales que abarcan el pretratamiento, tratamientos secundario y terciario en relación a DBO_5 y DQO fueron del 99.70 y 99.66% respectivamente, la descarga del efluente es a temperatura ambiente y pH entre 6.5 y 7.5, valores que cumplen las especificaciones de las normas oficiales ambientales NOM 001, 002 y 003 de 150 a 200 mg/l para descarga en cuerpos receptores como ríos, lagos y el drenaje municipal.

EJEMPLOS

A continuación se presenta una cadena de ejemplos para cada etapa del proceso a proteger.

Ejemplo 1.

Los datos técnicos probados en este proceso para la etapa de pretratamiento que incluye enfriamiento, neutralización y sedimentación son los siguientes:

Se utilizaron vinazas tequileras, previamente atemperadas durante 8 horas y neutralizadas con hidróxido de calcio, en una concentración de 5 g/l, con una DQO inicial de 52000 mg/l, se adicionaron dosis de polímero comercial de 0.5 a 1.5 ppm y sulfato de aluminio de 1 a 5 ppm. Las condiciones de operación fueron entre 2 y 4 horas y la velocidad de agitación de 15 a 30 rpm, pH de 6.5 a 7.5 y temperatura ambiente. La DQO que se obtuvo a la salida del pretratamiento fisicoquímico fue de 39000 mg/l.

Ejemplo 2.

La etapa de tratamiento secundario, por digestión anaerobia, comprende la experimentación piloto con duración de 258 días de operación en continuo, además incluye la instalación del reactor, pruebas hidráulicas, inoculación y adaptación del lodo al sustrato, prearranque en lote y arranque en continuo. Las condiciones de operación fueron: TRH promedio de 2 días, temperatura ambiente, cargas orgánicas volumétricas (COV) escalonadas de 2.5 a 12 Kg. de DQO/m^3 de reactor.día, pH entre 6.5 y 7.5. Los resultados fueron los siguientes: remoción de DQO del 78 % y una producción de 10 - 12 m^3 de biogás por m^3 de reactor por día, y con una concentración de metano de 55 a 70 %.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Ejemplo 3.

La experimentación piloto del tratamiento terciario duró 180 días y se realizó en tinas con un volumen 0.85 m^3, área de 2.72 m^2 y pendiente del 1.5% en un arreglo de plantas flotantes, *Eichhornia crassipes* (lirio acuático), cuyo efluente se segmentó a dos lechos de raíces en paralelo, empacados con grava y arena de río, cada uno con un tipo de pasto (Pará y Vetiver), *Panicum purpurascens* y *Vetiveria zizanioides* y densidad poblacional de 20 plantas/m^2. Se evaluó el crecimiento de las plantas y la remoción de materia orgánica del efluente. El arreglo más adecuado fue la combinación lirio + vetiver en serie, con entrada y salida promedio de DQO de 1446 mg/l y 199 mg/l, la demanda bioquímica de oxígeno a la salida varió entre 40 y 120 mg/l, dando una remoción en esta etapa de postratamiento >97%.

Ejemplo 4.

La desinfección se realizó con adición dosificada de cloro en un tanque de 1 m^3 de capacidad, conectado a la salida del humedal. El efluente tenía 6.1 $X10^4$ NMP/100 ml, de organismos coliformes totales, por lo que se le adicionó un agente desinfectante, en este caso hipoclorito de sodio en un rango de 20 a 25 mg/l, con tiempo de contacto de 1 hora, para mantener una concentración de cloro residual de 1 a 3 mg/l, y dio como resultado una concentración final de coliformes de 23 NMP/100 ml, con una eficiencia de desinfección del 99.5%.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

REIVINDICACIONES

Como se ha argumentado en la parte de tecnologías disponibles para el tratamiento vinazas y previa descripción de la invención, consideramos que el proceso cumple con las características de innovación, además de que puede resolver el problema de contaminación por descarga de vinazas, por lo que reclamamos como de nuestra propiedad la siguiente cláusula:

1. Un proceso de tratamiento para la depuración de diversos tipos de vinazas, generadas durante la producción de bebidas destiladas a partir de agaves spp, caracterizado por las siguientes etapas:

a) Pretratamiento fisicoquímico, donde la vinaza a la salida del alambique, pasa a un tanque ecualizador convencional, con aireación forzada, donde se realiza el enfriamiento de entre 85 y 95 °C a un máximo de 40 °C por estadía, el tiempo de residencia de la vinaza es de 6 a 12 horas. El pH se eleva de <4 hasta 6 a 7 unidades, con hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$, o compuestos similares, grado industrial, la dosis requerida se calcula en función del pH inicial de la vinaza, en el caso de cal varía de 3 a 5 g/l. La vinaza pasa del tanque ecualizador a un sedimentador convencional donde se dosifican los agentes químicos, polímero comercial en una concentración de 0.5 a 1.5 ppm y sulfato de aluminio de 1 a 5 ppm. Esta operación se realiza a una velocidad de agitación entre 15 y 30 rpm durante 30 minutos, seguida de reposo durante 2 a 4 horas. El pH de operación es 6.5 a 7.5 unidades y la temperatura entre 15 y 40 °C. Los sólidos unidos en conglomerados forman un lodo que se acumula en el fondo del sedimentador para su separación posterior del líquido tratado. El sedimentador incluye accesorios que permiten la separación de los sólidos gruesos de forma mecánica, así como un dispositivo para purga de lodos.

b) El líquido pretratado proveniente del sedimentador pasa al tratamiento biológico que consiste en un reactor anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente que requiere 30% de volumen del reactor de inóculo, lodo granular anaerobio activo, previamente adaptado al sustrato. Con las siguientes condiciones de operación: TRH promedio de 1 a 3 días, temperatura ambiente, cargas orgánicas volumétricas escalonadas de 2 a 15 Kg de

DQO/m^3de reactor.día. Condiciones que permiten remover 78 % de la DQO al mismo tiempo que produce 10 m^3 de biogás por m^3 de reactor por día, con una concentración de metano de 55 a 70 %.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

c) El líquido clarificado que sale del reactor anaerobio se somete al tratamiento terciario con humedales artificiales, que consiste en un arreglo de plantas libre flotante acoplado a un lecho vegetativo de raíces. Realizado en celdas horizontales en serie, con una relación área/volumen 3:1 y una pendiente 1 a 2%. La primera sección con plantas libres flotantes, lirio acuático *(Eichhornia crassipes)*, cuyo efluente se pasa al lecho de raíces, empacados con capas alternadas de grava y arena de río, sembradas con los pastos pará y vetiver, (*Panicum purpurascens* y *Vetiveria zizanioides)*, con una densidad poblacional de 10 a 20 plantas/m^2 y TRH de 3 días. El proceso logra remover más del 97% de materia orgánica, con resultados de entrada y salida promedio de DQO de 1446 mg/l y 199 mg/l y la DBO a la salida varió entre 40 y 120 mg/l.

d) Finalmente el efluente que sale de las celdas pasa a una desinfección para eliminar los microorganismos inoculados en la etapa de tratamiento secundario anaerobio y que se fugan junto con el líquido clarificado y tampoco se eliminan totalmente en la etapa subsecuente de tratamiento terciario. La desinfección se realiza con adición dosificada de cloro o agentes químicos de acción similar, grado comercial; con hipoclorito de sodio la dosis que se requiere está en un rango de 20 a 25 mg/l, con tiempo de contacto de 1 h, para mantener una concentración de cloro residual de 1 a 3 ppm, con la que se logra la reducción de coliformes totales de 6.1 $X10^4$, hasta >23 NMP/100 ml.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

RESUMEN

Para el tratamiento de aguas residuales como vinazas tequileras, mezcaleras y similares, existen pocos estudios reportados con resultados que permitan obtener un clarificado, que cumpla la normatividad oficial y pueda ser descargado en cuerpos receptores, sin dañar el ambiente. Esta solicitud comprende un proceso de tratamiento integrado por las etapas descritas a continuación:

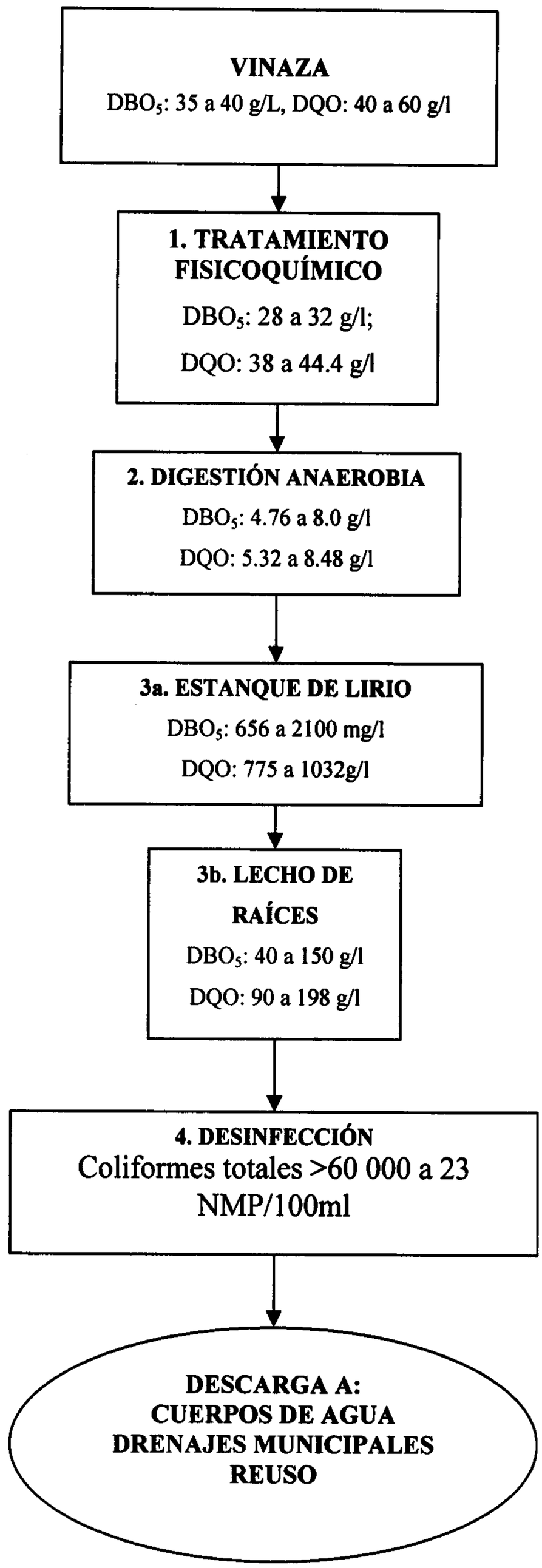
a) Pretratamiento fisicoquímico que consiste en la adición dosificada de agentes químicos para favorecer el fenómeno de sedimentación y eliminar parte de los sólidos suspendidos de las vinazas.

b) Tratamiento biológico avanzado en un reactor anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente, con lodo anaerobio adaptado a las vinazas, que va a transformar la materia orgánica soluble y particulada (DQO y DBO_5), en biogás (CO_2 + CH_4), un efluente clarificado y lodo residual inocuo.

c) Postratamiento en humedales artificiales con dos celdas, la primera con lirio acuático (*Eichornia crassipes*), conectada en serie a otra empacada, sembrada con los pastos pará y vetiver (*Panicum purpurascens* y *Vetiveria zizanioides*).

d) Desinfección que elimina microorganismos incorporados en las etapas a y b, con un agente químico que reduce el NMP de organismos y deja el efluente listo para su descarga en suelo y cuerpos de agua.

Figura 1



Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

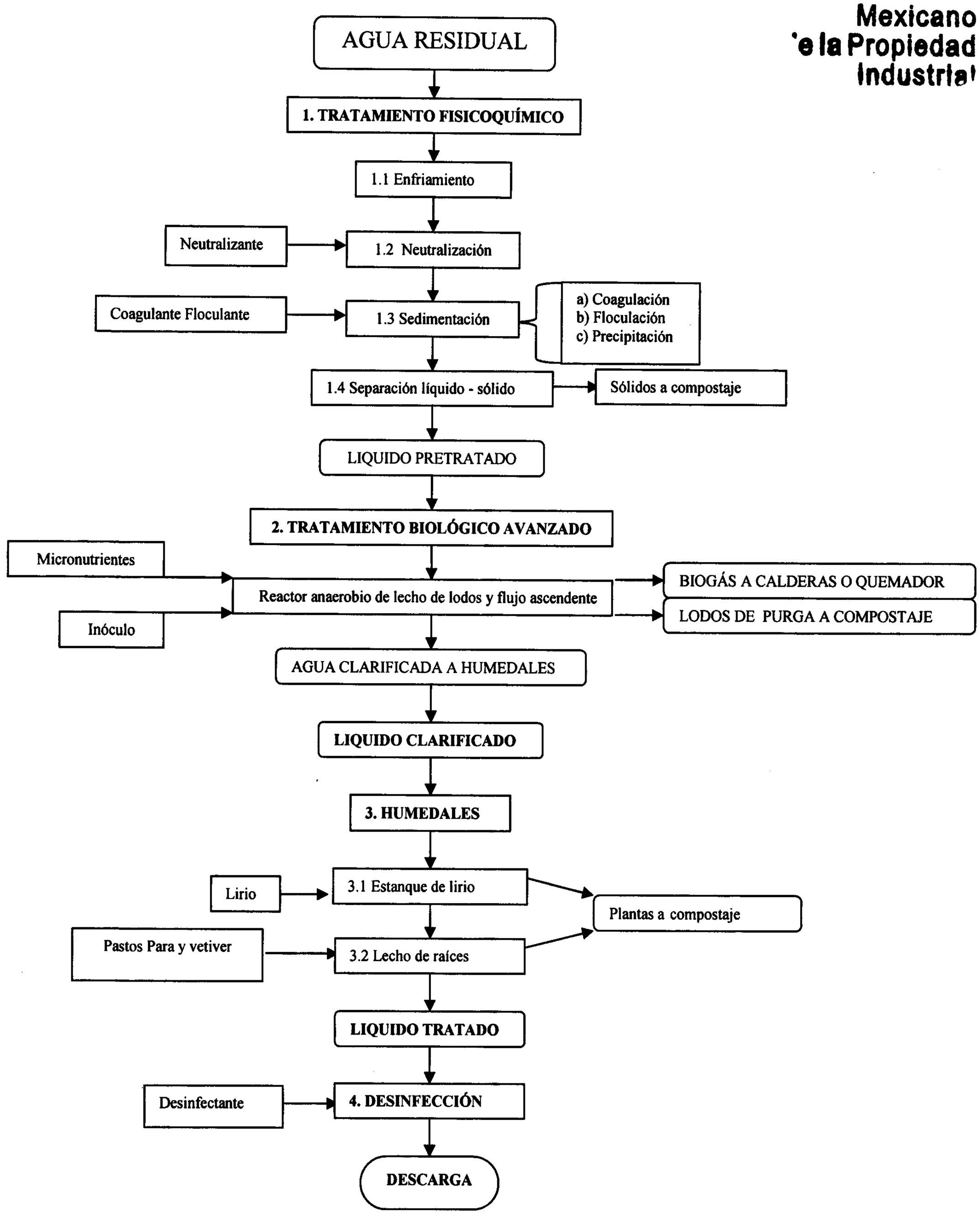



Figura 2