

Evaluación de tecnologías para el tratamiento de las vinazas provenientes de la destilación del Pisco en Ica

Evaluation of technologies for the treatment of stillages from the Pisco distillation in Ica

Pedro Córdova Mendoza
pedro.cordova@unica.edu.pe - Universidad Nacional San Luis Gonzaga-Ica
Felipe E. Yarasca Arcos
felipe.yarasca@unica.edu.pe - Universidad Nacional San Luis Gonzaga-Ica
Teresa O. Barrios Mendoza
oriele.barrios@unica.edu.pe - Universidad Privada San Juan Bautista-Ica
Isis C. Córdova Barrios
c20263@utp.edu.pe - Universidad Tecnológica del Perú
Ramiro Zuzunaga Morales
ramiro.zuzunaga@unica.edu.pe - Universidad Privada San Juan Bautista-Ica

Resumen

El siglo XXI obliga a la ingeniería enológica abordar con mayor realismo las tecnologías limpias o verdes existentes para el tratamiento de residuos líquidos proveniente de la industria productora del pisco, que presentan efectos contaminantes sobre el agua derivados de la vinaza, como son, las altas temperaturas de descarga y el gran contenido de materia orgánica e impurezas, que afectan a las instalaciones para el tratamiento del vino y las técnicas de embotellado. En la actualidad la investigación, en base a la tecnología e innovación se han convertido en herramientas necesarias para la transformación de la cadena productiva como es la producción del pisco siendo el objetivo la evaluación de tecnologías existentes que permiten seleccionar la más adecuada para el tratamiento de la vinaza proveniente de la destilación del pisco. La metodología incide en que la tecnología limpia para el tratamiento de la vinaza, es de gran importancia, el tratamiento de tecnología Nro.1 ha logrado reducir mediante digestión anaeróbica las concentraciones de TSS y de la DQO en un 90%, posteriormente al continuar el tratamiento en el MBR se logra la disminución de la DQO y la eliminación casi por completo del TSS y finalmente en el concentrador de sales obtener un concentrado valioso que puede usarse como fertilizante. El tratamiento de tecnología Nro.2 reduce la materia orgánica, DBO, DQO y la dureza total, mientras que el tratamiento de tecnología Nro.4 propicia la disminución de la carga orgánica de la vinaza. Por lo tanto, se puede concluir que las tecnologías seleccionadas disminuyen considerablemente las sustancias contaminantes presentes en el residuo líquido, lo cual influye positivamente en el entorno ambiental.

Palabras claves: *Destilación del pisco, tecnologías limpias, evaluación de tecnologías tratamiento de la vinaza, tratamiento de residuos líquidos, digestión anaerobia, UASB, precipitación química.*

Abstract

The 21st century requires oenological engineering to approach more realistically the clean or green technologies available for the treatment of liquid residues from the pisco-producing industry, which have contaminating effects on water derived from vinasse, such as high discharge temperatures and the high content of organic matter and impurities, which affect wine treatment facilities and bottling techniques. Currently, research, based on technology and innovation have become necessary tools for the transformation of the production chain such as the production of pisco, the objective being the evaluation of existing technologies that allow selecting the most appropriate for the treatment of the vinasse from the pisco distillation. The methodology affects that clean technology for the treatment of stillage is of great importance, technology treatment No. 1 has managed to reduce TSS and COD concentrations by 90% through anaerobic digestion, later on by continuing The treatment in the MBR is achieved by lowering the COD and almost completely eliminating the TSS and finally in the salt concentrator, obtaining a valuable concentrate that can be used as fertilizer. The technology treatment No. 2 reduces organic matter, BOD, COD and total hardness, while the technology treatment No. 4 promotes the decrease of the organic load of the vinasse. Therefore, it can be concluded that the selected technologies considerably reduce the polluting substances present in the liquid waste, which positively influences the environmental environment.

Keywords: *Pisco distillation, clean technologies, evaluation of vinasse treatment technologies, liquid waste treatment, anaerobic digestion, UASB, chemical precipitation.*

Introducción

Real Moñino, (1999), en sus conclusiones manifiesta que "las vinazas constituyen un serio problema de contaminación ambiental en las comarcas de producción vitivinícola, debido al gran volumen de aguas generadas y a su alto contenido en materia orgánica, por lo que se hace necesario tratar estas aguas antes de verterlas a los cauces públicos".

Además "propone una combinación de distintos tratamientos químicos y biológicos como los más efectivos con vistas a la depuración de vinazas, ya que conducen a una óptima reducción de la carga contaminante de estas aguas residuales", (Real Moñino, 1999).

Perdigón et al., (2005), "seleccionan los indicadores tecnológicos y ambientales, así como la metodología de impacto, porque estos son aplicados en la evaluación de tratamientos secundarios de residuales y se adaptan a nuestra investigación.

La vinaza provoca impactos negativos sobre el medio ambiente fundamentalmente en el aire, la población, la calidad del agua, la flora y fauna de los cuerpos receptores; sin embargo produce beneficios sobre el suelo, los rendimientos agrícolas cañeros y el uso del agua, por lo que buscar una adecuada utilización de la misma permite disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente, (Perdigón et al., 2005).

Del Toro, (2001), concluye en su investigación que, "la digestión anaeróbica de vinazas de destilería con la tecnología Bacardi, ha resultado ser funcional, como una manera de ayudar al problema de la contaminación ambiental, además de lo anterior, está el ahorro de combustible en las calderas, por el hecho de quemar el biogas producido y no fuel-oil, no obstante, esto, como este digestor no elimina todo el DQO de la vinaza, el consorcio Brugal de República Dominicana, está estudiando las diferentes tecnologías para tratar el efluente que sale de este digestor, como una manera de contribuir a la sanidad

del ambiente Dominicano, asimismo, se va a instalar la planta de recuperación de CO₂, en la fermentación.

De acuerdo con los diseñadores, este digestor es también aplicable a efluentes de otras industrias, tales como: farmacéuticas, fermentación de ácido cítrico, pulpa y papel, vinaza de remolacha, cervecerías, proceso de vegetales, manufactura de productos orgánicos, industria del queso, es sabido que los países se desarrollan en la medida que desarrollan su capacidad tecnológica, o sea, la capacidad de identificar y evaluar la oferta de componentes tecnológicos transferibles, de evaluar y seleccionar una tecnología, explotarla, adaptarla, mejorarla y desarrollar por último tecnologías propias, en ese sentido, tanto las empresas privadas como el Estado, juegan un papel importante, interpretando ese sentir, el Consorcio Brugal de República Dominicana, está aportando su cuota de participación, con la implementación de nuevas tecnologías, (Del Toro, 2001).

Rincón et al., (2008), "dando respuesta experimental de los parámetros analizados depende del proceso de adaptación llevado a cabo en los reactores, asimismo, bajo las condiciones de operación de la presente investigación se encontró que, a 45°C, la metanogénesis se favoreció y, contrario a lo esperado por investigaciones previas realizadas, el incremento de temperatura no benefició la producción de metano".

La constante de velocidad de la metanogénesis KH no presenta incrementos significativos a las tres temperaturas de operación, generando de esta manera un valor de energía de activación menor que el obtenido para vinazas sin diluir, de tal manera, el valor de energía de activación (Ea), obtenido en esta investigación parecería indicar que la dilución disminuye el valor de inicio para la metanogénesis, siendo esto benéfico al momento de considerar el tiempo requerido para el arranque de un reactor anaerobio a escala industrial", (Rincón et al., 2008).

APL, (2012), La producción limpia es una estrategia ambiental y productiva que permite mejorar el desempeño ambiental y al mismo tiempo lograr

beneficios económicos, en APL los privados y el gobierno chileno se comprometen voluntariamente a alcanzar metas que vayan en mutuo beneficio en un plazo determinado, en términos ambientales, los objetivos están planteados a dar cumplimiento a exigencias que están muy por encima a las normas obligatorias.

El Acuerdo de Producción Limpia (APL) busca principalmente disminuir el gasto de agua y resolver la disposición de la vinaza, asimismo, establece que serán los mismos productores los encargados de investigar la solución más apropiada, el 65% de las acciones guardan relación con el control de los residuos industriales líquidos (RILES), ya que es el principal problema ambiental que preocupa tanto al sector pisquero como a las instituciones públicas, en este sentido, la producción de vinaza, que es el residuo líquido proveniente de la destilación y representa el 75% en volumen de la materia prima que ingresa al proceso (APL, 2012).

Prácticamente todos los productores de la industria coinciden en que éste es el principal problema, que provoca fuertes olores, pero si no es controlado adecuadamente puede filtrarse y contaminar napas subterráneas, dañando el medio ambiente, durante el proceso de destilación, por cada kilo de uva, el 75% se convierte en vinaza, en una temporada de producción, una sola cooperativa puede acumular cerca de 30 millones de litros de este residuo, (SISS, 2004).

Inca Valenzuela and Vargas Davila, (2010), demostró en la investigación que los reactores UASB tienen una eficiencia favorable de aproximadamente el 60% de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno asimismo, observó el crecimiento del lodo anaerobio durante la etapa de operación de los reactores, lo cual indica que hubo condiciones favorables para el desarrollo de la biomasa, existiendo una relación directa entre la eficiencia de remoción de 80% y la Temperatura, durante la primera quincena de abril se alcanzó la mayor eficiencia y al mismo tiempo se registró los valores máximos de temperatura.

Merino Nuñez and Valderrama Lara, (2016), indicaron, que la temperatura y DQO son variables que influyen directamente sobre la eficiencia del tratamiento anaeróbico de la vinaza de Cartavio Rum Company usando un bioreactor UASB, las pruebas más recientes indican que las condiciones de operación más idóneas para el proceso son: un tiempo de retención entre 48 y 72 horas, una concentración 30000 ppm de DQO para el rango de temperatura termofílico y 50000 ppm de DQO para el rango de temperatura mesofílico; además de un pH en el rango de 6.9 a 7.

Materiales y métodos

Recopilación bibliográfica:

Se realizó la recopilación bibliográfica con el fin de acceder a la información que nos guíe en los procedimientos de la revisión bibliográfica en la evaluación de tecnologías para el tratamiento de las vinazas provenientes de la destilación del pisco en Ica.

Vinaza: La Vinaza es el residuo líquido o subproducto líquido de la producción de pisco y del alcohol. La composición de las vinazas depende de una serie de factores, entre los que se encuentran la materia prima trabajada y la forma de haber sido preparado el mosto.

Las características de la vinaza dependen básicamente de la materia prima utilizada. En el caso específico de la destilación del pisco, se utiliza como materia prima uvas pisqueras.

Constituyen un importante subproducto de las destilerías a causa de su elevado contenido en sales.

Las vinazas están compuestas por los mismos productos que el vino, aunque en proporciones diferentes: contienen ácido tartárico, acético y láctico, glicerol, azúcares residuales, compuestos polifenólicos y, en ciertas ocasiones, ácido málico.

Los productos contaminantes indicados son fácilmente biodegradables, excepto las sustancias colorantes y los taninos, (Seoáñez Calvo, Bellas Velasco, and Seoáñez Oliet, 2003).

La vinaza contiene 90% de agua y 10% de sólidos. De estos sólidos, el 95% son sólidos solubles y el 5% están en suspensión.

La vinaza se caracteriza por su alta carga orgánica. Aunque la vinaza presenta en su composición un alto porcentaje de agua, es altamente contaminante, debido a que presenta altos valores de DBO y DQO.

Pisco: El pisco es un destilado de vino, considerado la bebida bandera del Perú y protegido por la primera denominación de origen peruana, la D.O. Pisco, por lo que posee gran importancia cultural y económica. Se produce a partir de 8 variedades de uva que fueron probablemente introducidas durante la época de la Colonia y principios de la época Republicana en forma de semillas y esquejes, y que con el tiempo y adaptación a las condiciones agroecológicas del territorio patrio, han dado lugar a una gran diversidad intra-varietal, (Romero, 2005).

Riles: Los residuos industriales líquidos (RILES) son aguas de desecho generadas en establecimientos industriales como resultado de un proceso, actividad o servicio, (Romero, 2005).

Tratamiento de riles: El objetivo del tratamiento de RILES es la aplicación de los procesos fisicoquímicos y biológicos en el control de la calidad de residuos industriales líquidos, considerando el manejo interno

de los residuos desde un punto de vista técnico y económico.

Proceso químico unitario: los procesos empleados en el tratamiento de las aguas residuales en los que las transformaciones se producen mediante reacciones químicas reciben el nombre de procesos químicos unitarios, (Metcalf and Eddy, 2016).

En comparación con las operaciones físicas unitarias, es importante recordar que una de las ventajas inherentes asociada al uso de procesos químicos unitarios es que trata de procesos aditivos (con la excepción de la adsorción con carbón activado). En la mayoría de los casos, la eliminación de un constituyente se consigue por medio de la adición de otra sustancia. Como resultado de ello, se suele producir un incremento neto de los constituyentes disueltos en el agua residual, (Metcalf and Eddy, 2016).

Proceso biológico unitario: Son los métodos de tratamiento en los que la remoción de los contaminantes se lleva a cabo por la actividad biológica de los microorganismos, la remoción de la materia orgánica biodegradable tanto coloidal como disuelta por acción biológica, constituye la principal aplicación de este tipo de procesos, (Metcalf and Eddy, 2016).

Marco Legal Peruano:

Tabla 1.

Normativa peruana inherente al Pisco

Año	N° de la Norma	Descripción
1990	Resolución Directoral N° 072087-DIPI	- Declaración de protección de la denominación de origen Pisco
1991	Decreto Supremo N°001-91-ICTI-IND	- Reconocimiento oficial del Pisco como denominación de origen peruana
2000	Decisión N° 486	- Marco Legal que establece el Régimen Común sobre Propiedad Industrial, sus modificatorias y sustitorias
2004	Ley N° 28331	- Ley Marco de los Consejos Reguladores de Denominación de Origen
2006	NTP 211.001-2006	- Requisitos de materia prima, equipos, detalle de procesos y características físico-químicas y organolépticas del pisco
2006	Ley N° 28681	- Ley que regula la Comercialización, Consumo y Publicidad de Bebidas Alcohólicas
2009	D.L. N° 1075	- Decreto Legislativo que establece disposiciones complementarias a la Decisión N° 486
2009	Decreto Supremo N°012-2009-S.A	- Aprobación de la Ley 28681 que regula la comercialización, consume y publicidad de bebidas - alcohólicas
2009	Decreto Supremo N°023-2009-RODUCE	- Decreto Supremo que constituye la Comisión Nacional del Pisco CONAPISCO
2011	Resolución N°002378-2011/DSDINDECOPI	- Autorización del funcionamiento de la Asociación Nacional de Productores de Pisco como Consejo Regulador a fin de administrar la Denominación de Origen Pisco - Aprobación de Reglamento de la Denominación de Origen del Pisco

Justificación:

La investigación, representa utilidad metodológica del siglo XXI, porque contribuirá en el desarrollo de planes estratégicos para este sector, como la implementación de la agenda de innovación sectorial integral, plataformas tecnológicas, planes de difusión, desarrollo de líneas de investigación prioritarias, agendas de investigación, diagnósticos de I+D+i del sector, entre otros, lo cual servirá de base para su posterior aplicación con el fin de promover la internacionalización del pisco, con impacto directo y a corto y mediano plazo.

El estudio permitirá proponer una tecnología adecuada para el tratamiento de los residuos líquidos provenientes de la industria pisquera, enfocado desde un aspecto medio ambiental.

El valle de Ica, situado en la provincia de Ica, concentra dentro de su territorio al mayor número de bodegas productoras de pisco.

Investigación:

Es de **tipo no experimental** siendo el estudio un **diseño descriptivo-exploratorio**. **Descriptivo:** Permite identificar las estrategias necesarias para la evaluación de la tecnología del pisco. **Exploratorio:** No existen antecedentes del sector pisquero con enfoque en tecnologías limpias.

Enfoque Cuantitativo:

La investigación fue de tipo cuantitativo, se determinó a través de la técnica empleada el análisis documental y el instrumento utilizado es el registro de contenido del documento de las patentes, siendo de suma importancia para la región de Ica que la identificación de brechas y oportunidades de tecnologías limpias, que va a permitir a otros investigadores la elaboración de estrategias de ciencia, tecnología e innovación que contribuyan a su internacionalización, en la industrialización del pisco de la Región de Ica.

Tipos de Pisco:

Tabla 2.

Clasificación del Pisco por variedad y proceso

Condición	Tipo de Pisco	Descripción
Por la variedad de uva utilizada	Pisco Puro (No Aromático)	<i>Variedades:</i> Quebranta, negra criolla, mollar y uvina
	Pisco Aromático	<i>Variedades:</i> Italia, moscatel, albilla y torontel
Por su proceso de producción	Pisco mosto verde	<i>Proceso:</i> Destilación de caldos incompleta fermentados
	Pisco Acholado	<i>Proceso:</i> Mezcla de caldos de distinta variedades de uva

Evaluación de tecnologías

Evaluación del tratamiento de vinaza de caña mediante un proceso de precipitación química con adición de solución concentrada de base fuerte (NaOH). PT 109331 A

El sistema descrito para tratar la vinaza emplea un proceso de precipitación química básica con adición de una solución concentrada de una base fuerte (NaOH), (Da Silva et al., 2017)

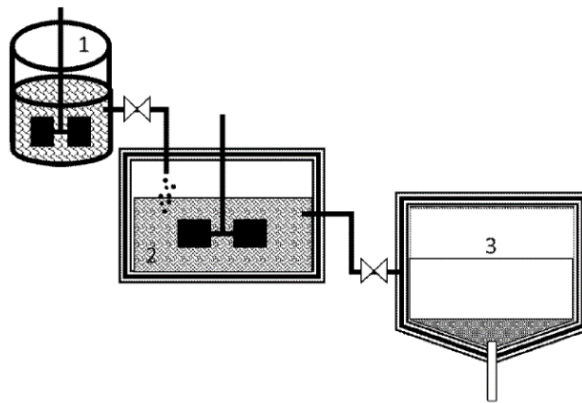


Figura 1. Processo de Precipitação Química com Adição de Solução Concentrada de Base Forte (NaOH) Para Tratamento de Vinhaça de Cana-de-Açúcar.

Nota. Da Silva et al., (2017, PT 109331 A)

La patente **PT 109331 A**, describe un sistema para tratar la vinaza con la adición de una solución concentrada de NaOH y mediante una sedimentación floculenta por acción de la gravedad obtener un sobrenadante y un precipitado.

Evaluación de la tecnología de tratamiento de vinaza para agua de reuso, fertilizantes y producción de biogás. WO 2014/098874 A1

El sistema descrito para tratar la vinaza combina un reactor anaeróbico, un biorreactor de membrana y un concentrador de sales como puede ser una unidad de electrodiálisis o una unidad de ósmosis inversa, preferentemente, el digestor anaeróbico debe estar aguas arriba del biorreactor de membrana quien a su vez estará aguas arriba del concentrador, (Carthery et al., 2014).

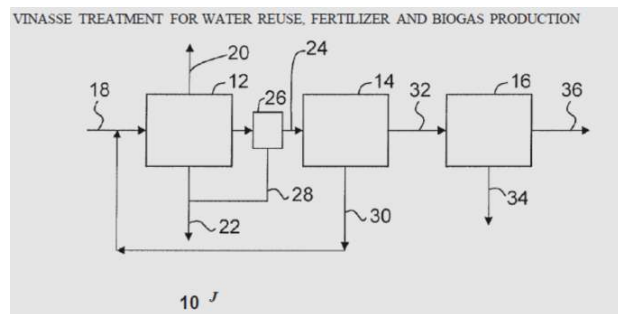


Figura 2. Aplicación de las Tecnologías en el Tratamiento de las Vinazas
Nota. Carthery et al., (2014, WO 2014/098874 A1)

La patente WO 2014/098874 A1, describe un sistema para tratar la vinaza conformada por unidades y corrientes de proceso debidamente identificadas

Evaluación de un reactor anaerobio de alto rendimiento para el tratamiento de efluentes de una micro destilería de alcohol

La digestión anaerobia de la vinaza es una alternativa poco utilizada y estudiada. Es un proceso que propicia la disminución de la carga orgánica de la vinaza utilizándose reactores anaerobios.

Este proceso presenta como ventajas, el bajo consumo de energía, pequeña producción de lodo, gran eficiencia en la disminución de la carga orgánica y un bajo potencial contaminante, siendo que el biogás producido puede ser empleado en el proceso de producción de energía, (Freire and Cortez, 2000).

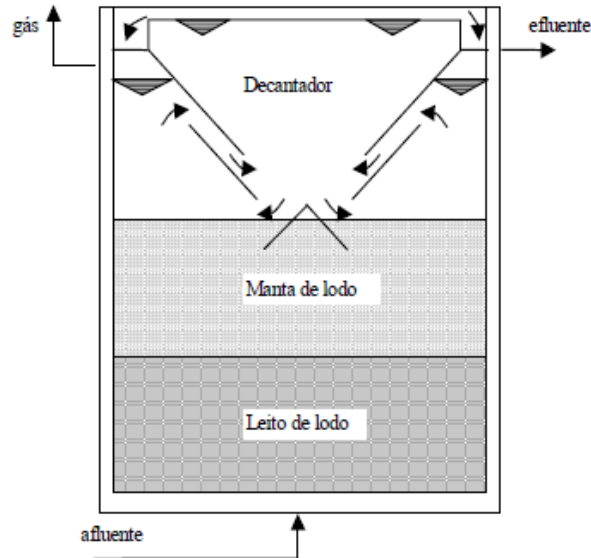


Figura 3. Representación Esquemática de un Biorreactor UASB

Nota. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Conservação de Energia na Indústria do Açúcar e do Alcool. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

La temperatura de funcionamiento de los reactores influye significativamente en el crecimiento biológico. En temperaturas entre 25 y 30° C, hay un crecimiento mayor de las poblaciones bacterianas, influenciando directamente en el desempeño del reactor, cuando en temperaturas inferiores, el rendimiento del proceso es menor o hasta inhibido”.

El pH óptimo en los sistemas biológicos anaeróbicos de tratamiento de efluentes industriales, depende del sustrato (vinaza) y de los microorganismos involucrados en el proceso.

Evaluación del tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación en su entorno ambiental

Existen numerosos tipos de aguas y aguas residuales susceptibles de ser tratadas mediante coagulación, una operación dirigida a la consecución de la desestabilización de los contaminantes mediante su interacción con un reactivo generalmente sales de Fe(III) y de Al(III). Esta operación puede complementar, en el tratamiento de un agua, a operaciones convencionales de separación solido-liquido (decantación, flotación, etc.), (Martínez Navarro, 2008).

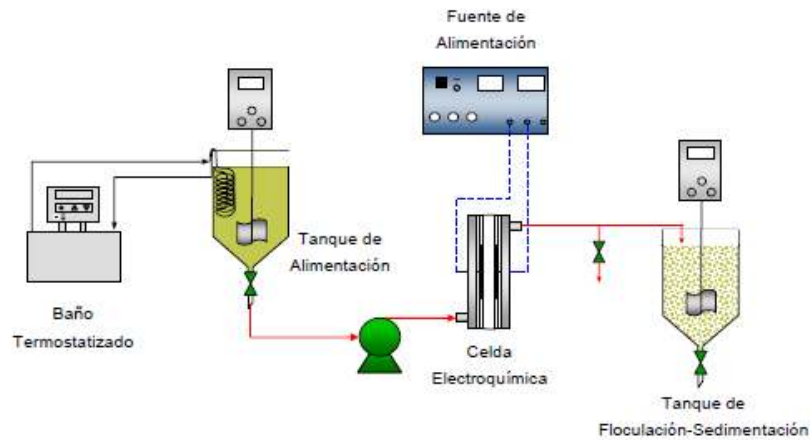


Figura 4. Instalación de Electrocoagulación en Modo de Operación Continuo

Nota. Martínez Navarro, (2008), Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional. Cuenca. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha

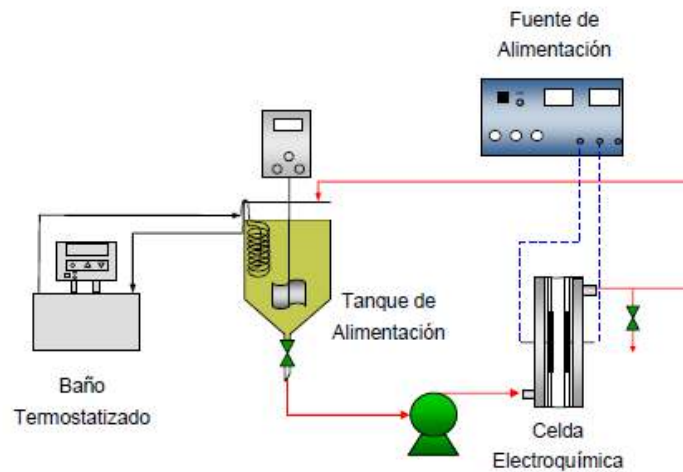


Figura 5. Instalación de Electrocoagulación en Modo de operación Discontinuo

Nota. Martínez Navarro, (2008), Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional. Cuenca. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha

A partir del estudio del proceso de electrodisolución de electrodos de aluminio, se puede concluir que, en una celda electroquímica con electrodos de aluminio, el aluminio aportado al electrolito proviene de los procesos de disolución química y electroquímica.

El pH influye de manera determinante en el proceso de disolución química.

Resultados y discusión

El pisco no solo es un destilado espirituoso sino también representa símbolo de peruanidad, cultura y tradición, sin embargo para lograr la evaluación de tecnologías se requiere de estrategias comerciales, priorizar la estandarización de la calidad y la garantía de la protección de la denominación de origen Pisco, recurriendo a la tecnologías limpias o tecnologías verdes deben ser las herramientas para su sostenibilidad en el tiempo, además de otros aspectos complementarios que fueron identificados a través del diagnóstico al sector, para posteriormente realizar la propuesta de estrategias con enfoque de CTI que contribuyan a la internacionalización.

Presentación de Resultados

En los tratamientos de residuos líquidos industriales y de vinaza, de acuerdo a la literatura especializada existen diversos sistemas mecánicos de filtración, con membranas ultra finas, con procesos como ósmosis inversa, sustancias que promueven la decantación de nutrientes y hasta procesos electrolíticos, oxidativos y biológicos, basados en la descomposición de la materia orgánica.

Algunos de esos procesos involucran filtración o el uso de nanomembranas y osmosis inversa. Sin embargo, el material utilizado para esos procesos es caro. Otra manera de tratar la vinaza es adicionar sustancias que promuevan la separación de las partículas suspendidas y su decantación o flotación, sean agentes humectantes, ácidos para la alteración del pH de la vinaza o agentes clarificantes.

Además, fueron encontradas diversas propuestas de tratamiento de vinaza por medios de sistemas mecánicos y eléctricos más complejos, sin embargo, ninguna idea/proceso simple es barato

Por ejemplo, la patente WO 2014/098874 A1, describe un sistema de tratamiento, mediante una combinación de digestión anaeróbica mas el empleo de un MBR que permite reducir la concentración de TSS y la DQO obteniéndose productos de interés como el biogás, un concentrado y agua para reúso.

La patente PT 109331 A, comprende la precipitación química básica por adición de una solución concentrada de una base fuerte y tiene como objetivo reducir los niveles de las sustancias contaminantes presentes en la vinaza. El proceso de precipitación lleva a la reducción de nutrientes y minerales disminuyendo significativamente el nivel de contaminación de la vinaza. También posibilita la reducción de la materia orgánica, DBO, DQO y la dureza total.

La tecnología de tratamiento de aguas residuales industriales mediante **electrocoagulación** se presenta como un proceso efectivo para la remoción de contaminantes, siendo una alternativa viable para su aplicación en el tratamiento de vinazas.

La tecnología que emplea un **reactor anaerobio** de alta eficiencia para el tratamiento de efluentes de una

micro destilería de alcohol permite que la mayor parte del material orgánico biodegradable presente en la carga residual es convertida en biogás. Una pequeña parte del material orgánico es convertida en biomasa microbiana, llegando a constituir el lodo excedente del sistema.

Interpretación y Discusión de Resultados

La vinaza proveniente de la destilación del pisco puede ser tratada con procesos biológicos y fisicoquímicos. En este sentido, la degradación biológica por procesos anaerobios ha sido frecuentemente aplicada para el tratamiento de vinaza. Los procesos aerobios también han sido estudiados y aplicados para el tratamiento de vinaza.

El tratamiento de vinaza también ha sido dirigido a través de procesos de concentración, coagulación, floculación, membranas, y electroquímicos.

Se ha podido establecer que las tecnologías analizadas son aplicables al tratamiento de las vinazas provenientes de la destilación del pisco.

El tratamiento de tecnología Nro.1 permite reducir en el digester anaeróbico las concentraciones del total de sólidos suspendidos (TSS) y de la demanda química de oxígeno (DQO) de la vinaza en un 90%. Y en el biorreactor de membranas (MBR) se elimina casi por completo el TSS remanente, de tal manera que el permeado tiene una concentración de TSS de aproximadamente 1 mg/l.

El biorreactor de membranas (MBR) también permite reducir la concentración de la DQO hasta una concentración de aproximadamente 90 mg/l. Luego, tenemos que el concentrado proveniente del concentrador de sales puede usarse como insumo para fertilizantes y el efluente final como agua de reúso.

El tratamiento de tecnología Nro.2, mediante un proceso de precipitación química lleva a la reducción de nutrientes y minerales disminuyendo significativamente el nivel de contaminación de la vinaza. También posibilita la reducción de la materia orgánica, DBO, DQO y la dureza total.

El Tratamiento de tecnología Nro.3, emplea una operación dirigida a la consecución de la desestabilización de los contaminantes mediante la generación de estos compuestos (generalmente sales de Fe(III) y de Al(III) in situ, mediante la disolución de láminas metálicas de hierro o aluminio. Para ello, se utilizan planchas de hierro o de aluminio como ánodos de una celda electroquímica. Esta operación puede complementar, en el tratamiento del agua, a operaciones convencionales de separación sólido-líquido (decantación, flotación, etc.). La electrocoagulación permite un mejor control en la dosificación de reactivos, y un ahorro significativo de costos de operación.

Por último, El tratamiento de tecnología Nro.4 utiliza un proceso biológico de digestión anaerobia, el cual,

propicia la disminución de la carga orgánica de la vinaza.

Este proceso presenta como ventajas, el bajo consumo de energía, pequeña producción de lodo, gran eficiencia en la disminución de la carga orgánica y un bajo potencial contaminante. La tendencia de uso del reactor anaerobio como principal unidad de tratamiento biológico de residuos industriales líquidos se debe principalmente, a la constatación de que una fracción considerable del material orgánico (en general un 70%) puede ser removida, en esa unidad, sin el gasto de energía o la adición de sustancias químicas auxiliares.

Conclusiones

Teniendo en cuenta que la elección del tratamiento de un RIL depende de las características residuo líquido industrial y de las condiciones ambientales, el estudio de las tecnologías existentes y su respectiva evaluación permiten seleccionar la tecnología mas adecuada para el tratamiento de la vinaza proveniente de la destilación del pisco.

De la evaluación efectuada a las tecnologías seleccionadas de tratamiento de vinaza por medio de sistemas físico químicos, químicos, biológicos o de tratamiento avanzado, se establece que ninguna idea o proceso propuesto es barato.

Se ha podido establecer que las tecnologías analizadas son aplicables al tratamiento de las vinazas provenientes de la destilación del pisco y su empleo permite disminuir considerablemente las sustancias contaminantes presentes en el residuo líquido, lo cual influye positivamente en el entorno ambiental.

Recomendaciones

Se recomienda establecer políticas de capacitación con relación al uso intensivo de las tecnologías de tratamiento de la vinaza, ya que en su mayoría las empresas productoras de pisco carecen de estos sistemas de tratamiento, constituyéndose en una limitación para la aplicación de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Que las empresas productoras de pisco adopten cualquiera de las tecnologías expuestas o una combinación de ellas como ha sido sugerido en el trabajo, para de esta manera contribuir con el cuidado del medio ambiente y cumplir con la normatividad vigente.

Hacer un estudio económico de los procesos propuestos ya que, si bien se conoce que son procesos nada baratos, es necesario establecer con exactitud los costos de tratamiento y su incidencia en los costos de producción.

Realizar un estudio experimental a nivel de laboratorio o planta piloto de la combinación de tecnologías planteadas y así determinar con exactitud los rendimientos relacionados con la disminución de las sustancias contaminantes, sobre todo la carga orgánica, la DBO, la DQO, el TSS y los nutrientes.

Referencias bibliográficas

- APL. (2012). "Acuerdo de Producción Limpia: Campus Sustentable".
- Carthey, L. A., Bonkoski W., M. V. Vallero, F. C. B. Lima, C. Zabeu, and B. Arntsen. (2014). "Vinsasse Treatment For Water Reuse. Fertilizer And Biogas Production". WO 2014/098874 A1." 13 pp.
- Inca Valenzuela, P. J. and E. Vargas Davila. (2010). "Tratamiento Anaerobio de Las Vinazas Provenientes de La Industria Píscuera Mediante Reactores UASB a Escala Piloto". Universidad Nacional de Ingeniería.
- Martínez Navarro, Fabiola. (2008). "Tratamiento de Aguas Residuales Industriales Mediante Electrocoagulación y Coagulación Convencional". Ediciones. Cuenca - España.
- Merino Nuñez, D. and J. Valderrama Lara. (2016). "Influencia de la Temperatura y DQO en el Tratamiento Anaeróbico de Vinazas de Cartavio Rum Company Usando Un Bioreactor UASB". Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Química.
- Metcalf and Eddy. (2016). "Ingeniería de Aguas Residuales. Volúmen1: Tratamiento, Vertido y Reutilización". Tercera Ed. edited by McGraw-Hill. España.
- Perdigón, S., R. De la Cruz, J. Obregón, and I. Curbelo.(2005). "Las Vinazas de los Jugos de Caña Energética Más Miel Final y Su Impacto Sobre El Medio Ambiente en la Destilería Paraíso de la Provincia de Santi Spiritus". *Revista Académica de Economía* 10 pp.
- Real Moñino, F. J. (1999). "Estudio de La Oxidación Química de Contaminantes Orgánicos Modelo Presentes en Aguas Residuales de la Industria Alcohólica y su Depuración Tratamiento Químicos y Biológicos". Departamento de Ingeniería Química y Química Física. Universidad de Extremadura-España.
- Rincón, I. R., A. Noyola, P. Mijaylova, S. A. Sánchez, and M. C. Durán de Bazúa. (2008). "Sugarcane Vinasses Stabilization Using Anaerobic Reactors and Determination of Activation Energy of System". in XXXI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS. Chile: Octubre 12-15. Santiago de Chile, Chile.
- Romero, J. (2005). "No Title." *Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos (RILES)*". 53 pp. Retrieved (http://ambiente.usach.cl/jromero/imagenes/MECESUP/Curso_MECESUP-Riles.pdf).
- Seoáñez Calvo, M., E. Bellas Velasco, and P. Seoáñez Oliet. (2003). "Manual de Tratamiento, Reciclado, Aprovechamiento y Gestión de Las Aguas Residuales de Las Industrias AgroalimentariaS". edited by E. Madrid. España.
- Da Silva, A., J. Alves, M. Nunes, and J. Lelis. (2017). "Processo de Precipitacao Quimica para Tratamento de Vinhaca. Patente PT 109331 A". 24 pp.
- Del Toro, Angel. (2001). "Tratamiento de Vinazas por Digestión Anaerobia Tipo Down-Flow".