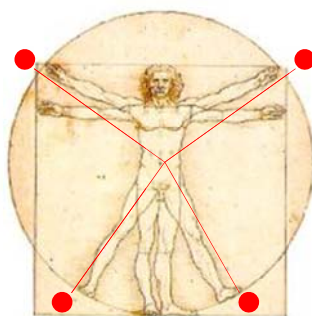


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN XIII. AÑO 2015

SEPARATA



OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ADSORCIÓN EN VINAZAS DE TABACO EMPLEANDO CENIZAS COMO MATERIAL ADSORBENTE.

Herrero Gamarro, N. ; de la Macorra García, C. ; Rincón Arévalo, P.



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Herrero Gamarro, N.; de la Macorra García, C.; Rincón Arévalo, P.
Marzo, 2015.

<http://www.uax.es/publicacion/optimizacion-de-las-condiciones-de-adsorcion-en-vinazas-de-tabaco-empleando.pdf>

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Javier Morales Pérez – tecnologia@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ADSORCIÓN EN VINAZAS DE TABACO EMPLEANDO CENIZAS COMO MATERIAL ADSORBENTE.

Herrero Gamarro, N. (a); de la Macorra García, C. (b); Rincón Arévalo, P. (c)

- (a) Licenciada en Ciencias Ambientales. Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X “El Sabio”. Area Medio Ambiente y Ciencias de la Salud. Tfno: 918109116. nherrgam@uax.es.
- (b) Dra. Europea en Ciencias Químicas. Area Industrial y Medio Ambiente. Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X “El Sabio”.
- (c) Dr Ingeniero Industrial. Research and Development Manager. Tomsa Destil, S.L.

RESUMEN: Las vinazas han sido consideradas históricamente un subproducto indeseable de la producción de etanol, pero dada su elevada tasa de producción (por cada litro de etanol producido a partir de la miel final se obtienen entre 10:1 y 15:1 litros de vinaza residual) la industria alcoholera trata de encontrar una alternativa que permita o bien reducir el volumen de residuo generado, u obtener un producto derivado de la vinaza que resulte atractivo tanto desde el punto de vista económico como ambiental. En el caso del presente trabajo, las vinazas estudiadas proceden de la fermentación de tabaco. Se evaluarán las condiciones óptimas de adsorción, de dichas vinazas, con distintas cenizas, obtenidas de la calcinación de los restos vegetales del tabaco y madera de pino.

PALABRAS CLAVE: vinaza, adsorción, ceniza, DQO, residuo, fermentación.

ABSTRACT: Vinasses have historically been considered an undesirable by-product of ethanol production , but given its high production rate (between 10: 1 and 15: 1 liter of residual vinasse are obtained per liter of ethanol produced from molasses) the alcohol industry tries to find an alternative that allows either reduce the volume of waste generated, or obtain a derivative of vinasse product that is attractive both economically and environmentally. For the present work, the stillage studied comes from the fermentation of tobacco Optimum adsorption conditions of such vinasse with different ash , obtained by calcining plant remains of tobacco and pine wood will be evaluated.

KEY-WORDS: vinasse , adsorption , ash , COD, waste, fermentation.

SUMARIO: 1. Introducción 2. Metodología 3. Resultados y discusión, 4. Conclusiones 5. Bibliografía

1. Introducción

La preocupación por desarrollar combustibles que puedan sustituir o, al menos, reducir, el consumo de los convencionales es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la sociedad actual. La producción de bio-etanol a partir de cultivos ricos en azúcares ha sido una de las respuestas a este problema.

El bio-etanol se obtiene mediante la fermentación de cultivos tradicionales ricos en azúcares (etanol de primera generación), por fermentación de restos lignocelulósicos que requieren una hidrólisis previa (etanol de segunda generación), o a partir de cultivos energéticos no alimentarios, cultivados expresamente para ser fermentados por su alto contenido en azúcares. Tras el proceso de fermentación el etanol es separado mediante un proceso de destilación; al subproducto líquido resultante se le conoce con el nombre genérico de *vinaza*.

Las vinazas han sido consideradas históricamente un subproducto indeseable de la producción de etanol, pero dada su elevada tasa de producción (por cada litro de etanol producido a partir de la miel final se obtienen entre 10 y 15 litros de vinaza residual) (Álvarez Salgado, Pérez Ones, Zumalacárregui de Cárdenas, & Garrido Carralero, 2010) la industria alcoholera trata de encontrar una alternativa que resuelva tanto la elevada producción de residuos, como un aprovechamiento económicamente viable.

La composición de las vinazas varía en función de la materia prima originaria, del tipo y eficiencia del proceso de fermentación y destilación, y del estado de maduración de la materia vegetal empleada (García O. & Rojas C., 2005) pero, en rasgos generales, presentan una DQO de 0 de 4 (Lezcano & Mora, 2005), sustancias inorgánicas solubles entre las que predominan los iones K^+ , Ca^{+2} y SO_4^{-2} , células muertas de levadura y sustancias orgánicas resultantes de los procesos metabólicos de los microorganismos.

En el caso del presente trabajo, las vinazas estudiadas proceden de la fermentación de tabaco cultivado en Navalmoral (Extremadura), recolectado durante los meses de agosto y septiembre, el cual ha sido previamente triturado y prensado. Dado que la materia prima de partida es el tabaco, estas vinazas contendrán proteínas, tanto del tabaco como las producidas por los microorganismos durante la fermentación, nicotina, solanesol, xantofilas, carotenos, ácidos aromáticos, fenoles, taninos y, posiblemente, productos derivados de estas sustancias (Cuadros Blázquez, 2013)

Estas características hacen que las vinazas resultantes, en función de su composición, sean susceptibles de ser la materia prima en la elaboración de fertilizantes, enmiendas agrícolas, y por su especial procedencia y contenido en nicotina, en la obtención de un insecticida ecológico.

Tradicionalmente, el tratamiento que se da a las vinazas es asimilable a un tratamiento secundario biológico, o son recicladas como fertilizante aportado junto con el agua de riego (fertirriego).

Otra alternativa consiste en evaporar parte del agua, consiguiendo reducir el volumen de residuo y concentrando sus componentes. Éste último tratamiento físico-químico permite el empleo de la vinaza como suplemento en la alimentación animal (Llanes Iglesias, Toledo Pérez, & Lazo de la Vega Valdez, 2009), como biocida en determinadas especies de hongos del suelo (Milagrosa Santos, 2007) o incluso, la incineración de la biomasa parcialmente concentrada, con el fin de conseguir una valorización energética económicamente viable (H. Perera, 2009).

Actualmente se están desarrollando alternativas de tratamiento más novedosas, como la oxidación supercrítica de la materia orgánica (Goyes & Bolaños, 2005); pero a pesar de los buenos resultados obtenidos en cuanto a remoción de sólidos en suspensión y DQO, se trata de una técnica que supone un elevado coste de operación y no reporta ningún beneficio desde el punto de vista económico.

Dado que el color, la turbidez y el contenido en materia orgánica de las vinazas son producidos por la presencia de compuestos orgánicos de elevada masa molecular, la adsorción se presenta como una alternativa de tratamiento viable y económico.

La adsorción es una operación de transferencia de materia ampliamente utilizada en la depuración de efluentes líquidos y gaseosos que consiste en la retención, mediante fuerzas generalmente físicas, de parte de los componentes disueltos en un efluente (adsorbato) sobre la superficie de un sólido de naturaleza porosa o adsorbente (fisorción).

En ocasiones puede suceder que el adsorbato forme enlaces químicos en los centros activos del adsorbente, conociéndose el efecto como quimisorción. Se pretende siempre promover la adsorción física o fisorción, lo cual implica fuerzas de Van der Waals, y retardar la adsorción química o quimisorción, la cual implica enlace químico. La primera se adapta bien a los procesos de regeneración del adsorbente, mientras que la última, generalmente, destruye la capacidad del adsorbente (Perry and Green, 2001)

Los adsorbentes son materiales naturales o sintéticos con estructura amorfa o microcristalina. Los usados a gran escala, son el carbón activado, tamices moleculares, gel de sílice y alúmina activada. Todos ellos son materiales altamente porosos y con áreas internas muy grandes por unidad de volumen.

En los procesos de adsorción en los que interviene moléculas orgánicas, como es la nicotina, suelen producirse tanto uniones electrostáticas como no electrostáticas. En el caso del carbón activo, los compuestos aromáticos son retenidos por fuerzas físicas,

mientras que los compuestos ionizados en las condiciones de operación serán retenidos por interacciones de naturaleza química e irreversibles (Moreno-Castilla, 2004).

El presente estudio tiene como objetivo principal el evaluar la posibilidad de emplear cenizas, como material adsorbente en los procesos de adsorción de vinazas procedentes de la planta de tabaco. Se compararán dos tipos de cenizas, una de ellas procedentes de la calcinación de los residuos de la planta de tabaco, y la otra procedente de la calcinación en chimenea de mezcla de pinos.

Se evaluarán las condiciones óptimas de adsorción con las cenizas que ofrezcan mejores resultados.

2. Metodología

2.1 Obtención de vinaza

Las plantas de tabaco (variedad Virginia), procedente de Navalmoral (Extremadura) fueron cortadas en trozos de unos 5 cm de largo (figura 2.1) a fin de facilitar el exprimido de las mismas empleando para ello una licuadora, que permitirá obtener, por separado, una fracción líquida de color oscuro denominada *jugo I*, y una fracción sólida denominada *pulpa*, con un tamaño de partícula mucho menor que el de partida. El objetivo de este proceso previo es el extraer la mayor cantidad de azúcares posibles, del interior de la planta, sin modificación química, para su posterior fermentación a etanol.



Figura 2.1: Tabaco troceado

Fuente: Elaboración propia.

Para optimizar la disolución de azúcares, se llevó a cabo una extracción sólido-líquido de la pulpa empleando como disolvente agua destilada a una temperatura de 70°C en una proporción agua/pulpa de 3:1 en masa durante 15 minutos. La pulpa agotada obtenida se muestra en la figura 2.2. La porción líquida obtenida después de la extracción recibe el nombre de jugo 2 (figura 2.3). Los jugos 1 y 2 fueron fermentados y destilados.

La fermentación se llevó a cabo empleando una variedad comercial de *Saccharomyces cerevisiae*, siendo necesarios 25µg de levadura por cada 50mL de jugo; fue activada durante 30 minutos en agua destilada a 30°C y agitación constante antes de proceder a su inoculación. La proporción masa de levadura / masa de agua destilada empleada según las indicaciones comerciales fue de 1:5. Una vez activada la levadura se procedió a su inoculación. Los erlenmeyer de 250mL fueron sellados con algodón para impedir la entrada de oxígeno pero, al mismo tiempo, facilitar la salida de CO₂ en caso de sobrepresión. Los erlenmeyer debidamente identificados se introdujeron en una estufa a 35 °C durante 96 horas.

Una vez finalizada la fermentación el etanol producido es recuperado por destilación simple. El residuo de la destilación es reconstituido con agua, obteniéndose la vinaza. Ya que el volumen de jugo 2 obtenido fue 9 veces superior al de jugo 1, y a fin de obtener una vinaza lo más semejante a la que se obtendría de forma industrial, los dos jugos 1 y 2 fermentados se mezclan (proporción 1:9) antes de someterse a la destilación. La caracterización de la vinaza obtenida se muestra en la tabla 2.1.



Figura 2.2: Pulpa agotada en azúcar y prensada.
Fuente: Elaboración propia.

	COLOR APARENTE (PCU)	COLOR REAL (PCU)	DQO (g/L)	NICOTINA (g/L)	PROTEINAS (mg/L)
VINAZA	6200	4600	9,36	0.486	104,17

Tabla 2.1: Caracterización de la vinaza obtenida.

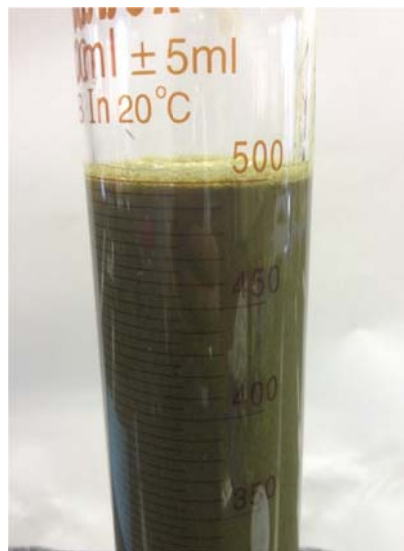


Figura 2.3: Aspecto del jugo 2

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de las proteínas se empleó el método descrito por Bradford en 1976: El Azul Brillante de Comassie G-250 reacciona con aminoácidos específicos y estructuras terciarias de las proteínas pasando de color marrón claro a azul intenso que presenta un máximo de absorbancia a 595 ± 2 nm (error relativo $\pm 2\%$ T) (Bradford, 1976). Se elaboró una curva estándar, empleando una disolución stock de Albúmina Sérica Bovina (BSA) en agua destilada de concentración 1000 ppm como proteína de referencia para la elaboración de los patrones; estos patrones se agitaron y se dejaron reaccionar durante dos minutos antes de proceder a medir su absorbancia a la longitud

de onda anteriormente mencionada en un espectrofotómetro de la marca Zuzi modelo 4111 RS.

Para extraer la nicotina, a 20mL de muestra se le añadió KOH 4M hasta alcanzar un pH igual o superior a 12. El líquido se transvasó a un embudo de decantación y se procedió a extraer la nicotina empleando éter etílico como agente extractante en proporción de volumen 1:1. Se agitó vigorosamente el embudo durante 5 minutos facilitando la salida de gases y se dejó reposar hasta separación clara de las fases acuosa y orgánica (en algunos casos fue necesario enfriar la mezcla en nevera o en baños de agua-hielo para acelerar el proceso). Una vez finalizada la decantación se recogieron por separado las fases y se eliminó el éter de la fase orgánica en un rotavapor, quedando un residuo aceitoso de color oscuro. Una vez aislada la nicotina se comprobó cualitativamente la presencia de la misma añadiendo unas gotas de disolución al 10% de ácido pícrico en metanol. La formación de un sólido amarillo intenso indica la presencia de nicotina (Genaro, 2003). La cuantificación de la nicotina se realizó añadiendo agua destilada a la fase orgánica exenta de disolvente hasta alcanzar un volumen de 15mL y se procedió a realizar una potenciometría con ácido sulfúrico $5 \cdot 10^{-3}M$. El pH se midió con un pH-metro Crison micropH 2000 y el volumen añadido de ácido se controló mediante una bureta de 20mL (Herrero, 2010).

La determinación de sólidos totales se realizó siguiendo el método descrito en la Norma UNE 77030:2002. La determinación de los sólidos fijos se realizó por calcinación de los anteriores a 550 °C durante una hora.

El color aparente y el color real de las muestras líquidas se determinaron de acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7887:1995. Para ello se empleó un espectrofotómetro visible Hanna Instruments HI 93727 calibrado con agua destilada.

La determinación de la DQO se realizó conforme a la norma UNE 77004:2002, empleándose viales de DQO de la marca Aqualytic de 0-1500 mg O₂/L. Se añadieron 2 mL de muestra previamente diluida al vial previamente agitado, se taponó el vial y se agitó vigorosamente. Los viales inoculados se introdujeron en un termo-reactor AquaLytic AL32 que se mantuvo a 148 °C durante dos horas. Una vez los viales se enfriaron se midió la absorbancia a 620 nm en un espectrofotómetro Aqualytic PC compact COD vario (error relativo $\pm 3.5\%$); la lectura indicada de DQO, en mg/L se multiplicó por el factor de dilución

Se comprobó la presencia de azúcares en los jugos, para lo que se realizaron los ensayos de Fehling (von Fehling, 1848), Barfoed (Bradford, 1976) y Benedict (Benedict, 1909). Para el ensayo de Fehling se añaden a 1000 μ L de reactivo de Fehling, comercializado por Prolabo, a 500 μ L de muestra, se agita y se lleva a ebullición durante 5 minutos al baño maría; la aparición de un precipitado rojizo de Cu₂O indica la presencia de monosacáridos y/o disacáridos reductores. El ensayo de Benedict: a 1000 μ l solución problema se le añaden 1000 μ l de reactivo de Benedict de la marca Fisher y,

tras homogeneizar, se calienta al baño maría durante 5 minutos. Un precipitado color blanco amarillento, como positividad, señala la presencia de hidróxido cuproso que no llega a pasar a óxido cuproso. La prueba de Barfoed se realizó añadiendo 500 μ L de reactivo de Barfoed, de laboratorios Carolina, a 500 μ L de muestra; tras agitar, el tubo se calienta al baño maría durante 5 minutos; si se observa un precipitado blanco amarillento de CuOH se confirma la presencia de azúcares reductores. Estas pruebas cualitativas confirmaron la presencia de monosacáridos reductores

2.2 Obtención de ceniza

La pulpa agotada se calcinó a 550°C durante 2 horas, obteniéndose las cenizas que serán usadas como uno de los materiales adsorbentes (figura 2.4). Todo el proceso descrito se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.4: Cenizas obtenidas de la calcinación de la pulpa agotada.

Fuente: Elaboración propia.

Las cenizas procedentes de la calcinación de maderas mezcladas de diferentes tipos de pinos se recolectaron en diferentes chimeneas domésticas, se tamizaron en un tamiz de acero inoxidable de 2 mm de tamaño de partícula y fueron lavadas con tres porciones de agua destilada, en una relación masa de ceniza a masa de agua de 3:1. Para separar las cenizas del agua de lavado se filtraron a vacío empleando un buchner y papel de filtro cualitativo. Una vez filtradas y secas, se conservaron en estufa a 100°C hasta su utilización.

2.3 Activación de las cenizas.

Tanto a las cenizas de pulpa agotada de tabaco como las procedentes de la mezcla de pinos se las sometió a los mismos procesos de activación:

Medio ácido: Las cenizas finamente homogeneizadas se introdujeron un matraz esférico de 100mL con ácido nítrico 4M en una relación masa/volumen del 10%. El matraz se conectó a un refrigerante de reflujo y se mantuvo la mezcla durante 1 hora a 100°C con agitación constante. Una vez agotado el tiempo se dejó enfriar la mezcla y se separó la fracción sólida mediante centrifugación. Las cenizas activadas se lavaron con 3 fracciones de agua destilada en la misma proporción anterior. Una vez lavadas se secaron y conservaron en estufa a 100°C.

Medio básico: Las cenizas finamente homogeneizadas se introdujeron en un matraz esférico de 100mL con hidróxido sódico 4M en una relación masa/volumen del 10%. El matraz se conectó a un refrigerante de reflujo y se mantuvo la mezcla durante 1 hora a 100°C con agitación constante. Una vez agotado el tiempo se dejó enfriar la mezcla y se separó la fracción sólida mediante centrifugación. Las cenizas activadas se lavaron con 3 fracciones de agua destilada en la misma proporción anterior. Una vez lavadas se secaron y conservaron en estufa a 100°C.

También se emplearon cenizas sin activar: en este caso las cenizas, se conservaron en estufa a 10°C.

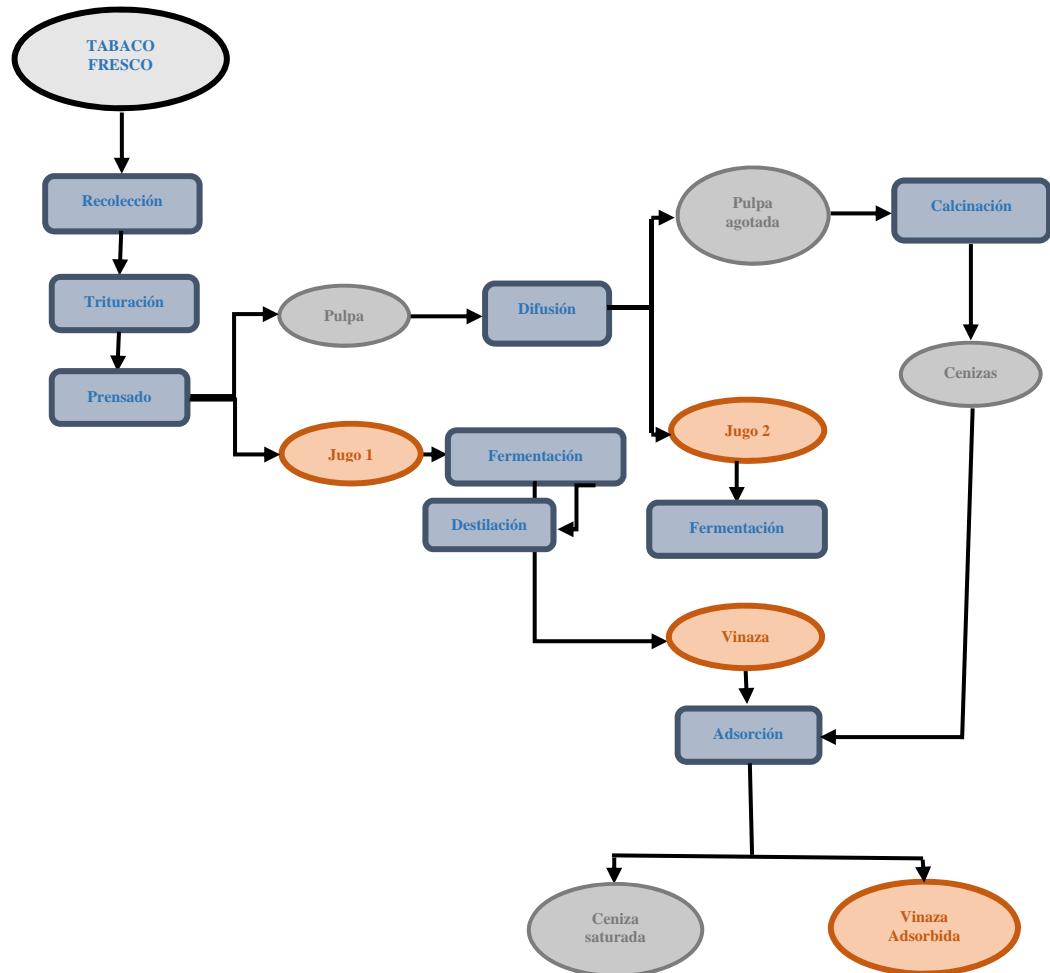


Figura 2.5: Esquema de tratamiento del tabaco.

Fuente: Elaboración propia.

3 Resultados y discusión

En primer lugar se determinó el tipo de activación de las cenizas que proporcionaba un mayor rendimiento en cuanto a eliminación de DQO, obteniendo los resultados de la Tabla 3.1.

	CENIZA DE PINO			CENIZA DE TABACO		
	ACTIVAC. ÁCIDA	ACTIVAC. BÁSICA	SIN ACTIVAR	ACTIVAC. ÁCIDA	ACTIVAC. BÁSICA	SIN ACTIVAR
DQO FINAL (mg/l)	8120	6820	5150	7100	5940	4300
% REMOCIÓN	13,25	27,14	44,98	24,15	36,54	54,06

Tabla 3.1: DQO tras 30 minutos de adsorción con cada tipo de ceniza y tratamiento de activación empleados.

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Optimización del tipo de activación:

Con cada tipo de ceniza, tanto la procedente de la pulpa de tabaco agotada como la procedente de la mezcla de pinos, activadas en medio ácido y básico, y sin activar, se realizaron adsorciones empleando una relación ceniza/vinaza 1/100(gr/ml) y un tiempo de contacto de 30 minutos. Se calculó el % remoción para la DQO con cada una de las cenizas, siendo la DQO inicial de la vinaza de 9360mgO₂/L (Figura 3.1).

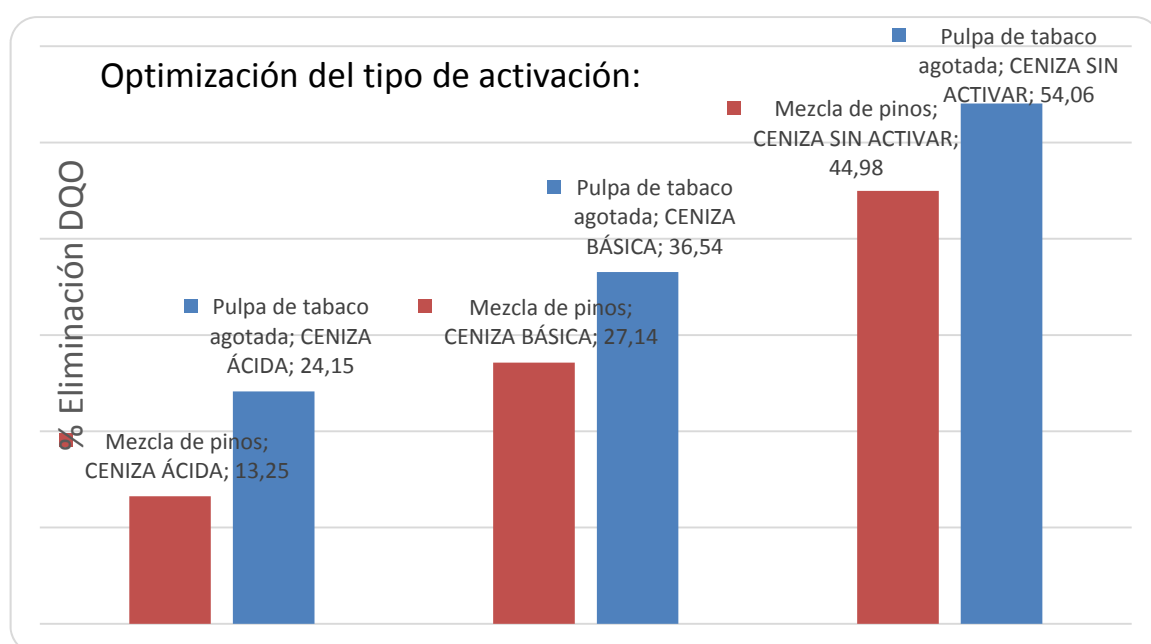


Figura 3.1: Influencia del tipo de activación de las cenizas en el % de DQO eliminada.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las cenizas sin activar tanto las procedentes de la pulpa de tabaco agotada como la de mezcla de pinos, han presentado un mejor comportamiento en cuanto a eliminación de DQO.

El proceso de adsorción es espontáneo, y, por tanto, tiene lugar con una disminución en la energía libre de adsorción. Las energías que contribuyen a la energía libre de adsorción se pueden agrupar en interacciones no electrostáticas y electrostáticas. Las interacciones electrostáticas aparecen, fundamentalmente, cuando el adsorbato, en este caso, la nicotina que aporta DQO, es un electrolito que está disociado o protonado en disolución acuosa bajo las condiciones experimentales usadas.

La nicotina, uno de los principales constituyentes de la vinaza, es un alcaloide cuyo equilibrio de ionización se muestra en la figura 3.2

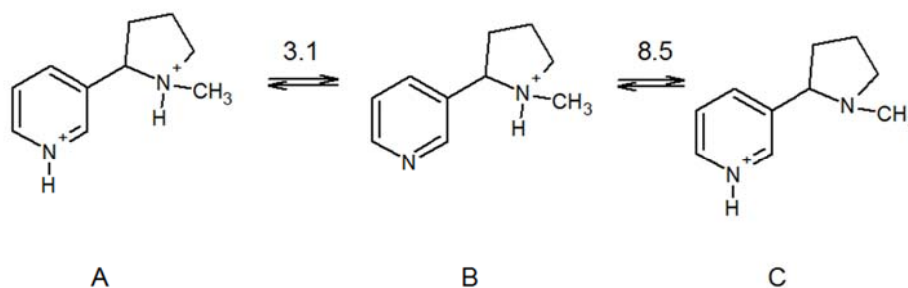


Figura 3.2: equilibrio de ionización de la nicotina

Fuente: Elaboración propia.

La figura 3.2, indica que la especie predominante cuando se trabaja en medio ácido es la especie A (diprotonada), en medio básico es la especie C (no protonada) y a pH entre 5-6, característico del agua y por tanto el pH de las cenizas sin activar, es la especie B (monoprotonada).

Un factor importante que influye sobre el proceso de adsorción es la carga superficial del material adsorbente. El pH de la disolución determina la carga superficial de las cenizas y la disociación o protonación del electrolito.

Cuando un material adsorbente se sumerge en agua, desarrolla sobre su superficie una carga que proviene de la disociación de grupos funcionales superficiales o de la adsorción de iones de la disolución. Esta carga superficial depende entre otras cosas del

pH del medio. A pH neutro, la carga superficial negativa proviene de la disociación de los grupos superficiales de carácter ácido. El origen de la carga superficial positiva puede provenir de grupos de carácter básico, o de la existencia de regiones ricas en electrones π que actúan como bases de Lewis. Cuando el pH de la disolución es bajo la carga superficial del adsorbente estará, por término medio cargada positivamente, y cuando el pH de la disolución es alto las superficies estarán, por término medio, cargadas negativamente (Castilla, 2004).

Analizando lo anterior y los resultados obtenidos, las cenizas activadas en medio ácido estarían cargadas positivamente y la nicotina diprotonada, lo que provoca una gran repulsión electrostática adsorbente-adsorbato y por ello, un porcentaje de eliminación de DQO muy bajo, del 13-24%.

Las cenizas activadas en medio básico estarán cargadas de forma negativa y la nicotina sin protonar; las fuerzas adsorbato-adsorbente serán predominantemente fuerzas de dispersión, fuerzas no electrostáticas, las cuales son siempre atractivas.

Y por último, en las cenizas sin activar, pH entre 5-6, la nicotina se encuentra monoprotonada y por tanto, la explicación a este porcentaje de eliminación de DQO tan elevado, del 45-55% tiene sentido sólo si las cenizas presentan grupos funcionales ácidos, en su estructura, lo que implicaría estar cargada de forma negativa en medio neutro y por tanto, fuerzas de atracción electrostáticas adsorbente-adsorbato muy superiores a las producidas en los otros medios de reacción.

Igualmente, a la vista de los resultados, cabe pensar que el descenso de la DQO en estas condiciones, venga acompañado también de una gran pérdida de proteínas durante la adsorción. Esto puede ser debido a la elevada presencia de aminoácidos con grupos funcionales aminos, tipo metionina, los cuales a pH 5-6 se encontraran cargados positivamente y por tanto serán atraídos electrostáticamente por el adsorbente.

En la figura 3.3 se aprecia claramente como el color del sobrenadante tratado con las cenizas activadas en medio ácido es mucho más claro. Una explicación a este hecho puede ser la elevada presencia de taninos, compuestos altamente condensados y coloreados, en nuestras vinazas. Los taninos son polifenoles sustituidos, los cuales son adsorbidos de forma muy eficaz en medios ácidos (Castilla, 2004) debido a las fuerzas no electrostáticas de dispersión que se crean entre adsorbente, cenizas cargadas y adsorbato (polifenoles sin carga).

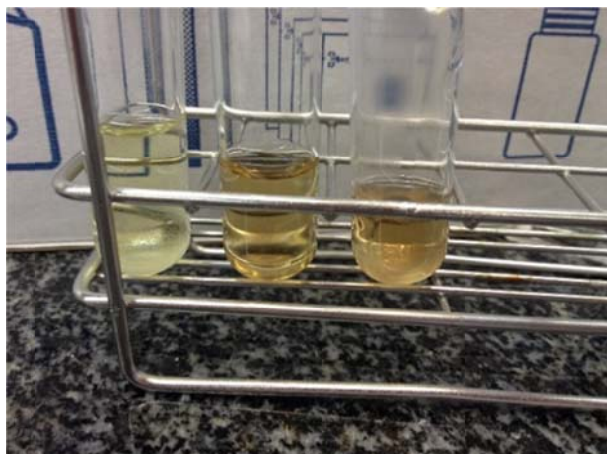


Figura 3.3: Imagen de la vinaza tratada con: 1 Ceniza ácida; 2 Ceniza sin activar; 3 Ceniza básica
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el comportamiento de los metales es muy diferente en función del pH. A pHs ácidos los precipitados derivados de muchos metales de transición se disuelven, disminuyendo el color aparente de la muestra.

En cuanto a las diferencias de comportamiento observadas entre las cenizas de la pulpa de tabaco agotada y las procedentes de la calcinación en chimenea doméstica de mezcla de pinos, podría deberse a las diferentes condiciones en las que se llevó a cabo el proceso. Las cenizas del tabaco fueron obtenidas en condiciones de laboratorio controladas, reduciendo al mínimo la contaminación con materiales indeseables, mientras que en las cenizas de pino no se dio esta circunstancia, de manera que la presencia de materiales no porosos reduce la eficacia de la adsorción.

Atendiendo a los resultados obtenidos, se eligió como tratamiento más adecuado el empleo de cenizas procedentes de tabaco y la no activación de las mismas.

3.2 Optimización del tiempo de contacto

Seleccionado el tratamiento más adecuado, cenizas de tabaco sin activar, se comparó el tiempo de contacto con el porcentaje de remoción de DQO, llevando a cabo una adsorción con la misma proporción ceniza/vinaza de 1:100 y un tiempo de contacto de 30 minutos, la determinación de la DQO se efectuó tomando muestras cada 5

minutos. Los resultados se muestran en la figura 3.4, en la que el tiempo 0 representa el instante en el que se ponen en contacto vinaza y ceniza inicialmente.



Figura 3.4: Influencia del tiempo de contacto y el % de eliminación de DQO.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar claramente que la adsorción es muy rápida; los procesos de adsorción son espontáneos, ya que desde el primer contacto entre la ceniza y la vinaza el porcentaje de eliminación de DQO permanece prácticamente constante a lo largo del tiempo.

A-15 minutos se observó un aumento relativo de la DQO que podría justificarse por el carácter reversible de los procesos de adsorción o a posibles errores de medición. Este comportamiento anómalo deberá ser estudiado en profundidad cuando las características del proceso requieran de elevados tiempos de contacto.

4 CONCLUSIONES

Aunque ya se ha demostrado en estudios como los realizados por Rodríguez et al. (2012) que las cenizas tienen un alto poder adsorbente para metales pesados como el cromo, también presentan cierta efectividad en la retención de sustancias orgánicas.

- De los tres tipos de cenizas estudiadas, las cenizas que no habían sido activadas son las que presentan un mayor porcentaje de remoción de DQO, lo que resulta beneficioso tanto económica como ambientalmente, ya que no supone el uso de efluentes con pH extremos que podrían generar problemas ambientales y encarecer el proceso de activación.
- En cuanto a la reducción de color, se aprecia cualitativamente una mayor reducción por parte de las cenizas que han sido sometidas a un proceso de activación en medio ácido; este hecho puede ser debido al comportamiento químico de algunas moléculas en medio ácido y metales en función del pH, ya que a pH's ácidos los precipitados derivados de muchos metales de transición se disuelven, disminuyendo el color aparente de la muestra.
- La adsorción de la materia orgánica, por parte de las cenizas sin activar, es un proceso muy rápido, lo que podría sugerir que las uniones que tienen lugar entre el adsorbente y el adsorbato son de tipo físico y, por lo tanto, reversibles. Esto resultaría interesante a la hora de estudiar el carácter fertilizante o enmendante de las cenizas después de la adsorción, ya que la materia orgánica se liberaría con facilidad en el suelo, siempre y cuando se consiguiera agotar la capacidad adsorbente de las cenizas, haciendo que alcancen el punto de ruptura para que, una vez en el suelo, la liberación del adsorbato sea rápida hasta haberse liberado el 50 % de la materia retenida en la ceniza; a partir de ese punto la liberación se ralentiza. (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

5 Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la empresa TOMSA S.A. (España).

6 Bibliografía

- ÁLVAREZ SALGADO, Y., PÉREZ ONES, O., ZUMALACÁRREGUI DE CÁRDENAS, L., & GARRIDO CARRALERO, N. (2010). Alternativas para el tratamiento de vinazas de destilerías de etanol. *Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura (RENIA)*, 1(3).
- BENEDICT, R. (1909). *A Reagent For the Detection of Reducing Sugars*
- BRADFORD, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*(72), 248-254.
- CASTILLA, M. C. (2004). *Eliminación de contaminantes orgánicos de las aguas mediante adsorción en materiales de carbón*. Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias: Universidad de Granada, España.
- CUADROS BLÁZQUEZ, F. (2013). ¿Una biorrefinería del tabaco? *I Encuentro Ibérico sobre Bioeconomía. Mesa: Bioprofesionales y Bioemprendedores en España y Portuga*.
- Depur ECOAQUA. (2011). *Depuración y tratamientos de efluentes de vinaza*.
- GARCÍA O., Á., & ROJAS C., C. A. (Diciembre de 2005). Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos. *Tecnicaña*, 9(17), 3-13.
- GENARO, A. (2003). *Remington: Farmacia* (Vol. 1). Editorial Médica Panamericana.
- GOYES, A., & BOLAÑOS, G. (2005). Un estudio preliminar sobre el tratamiento de vinazas en agua supercrítica. *XXIII Congreso Colombiano de Ingeniería Química*. Manizales.
- Herrero, P. (2010). Instrucciones Para la Dosificación de la Nicotina en los Tabacos. BiblioBazaar.
- LEZCANO, P., & MORA, L. M. (2005). Las vinazas de destilería de alcohol. Contaminación ambiental o tratamiento para evitarlo. *VII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos*. Guanare.
- LLANES IGLESIAS, J. E., TOLEDO PÉREZ, J., & LAZO DE LA VEGA VALDEZ, J. M. (2009). Evaluación de la levadura de vinazas (tórula) en la alimentación de alevines de *Clarias gariepinus*. *Zootecnia tropical*, 91-96.
- MILAGROSA SANTOS, V. E. (2007). Vinazas y Hongos del Suelo. *Agroecología* 2, 39-45.

MC.CABE, W., SMITH, J., & HARRIOTT, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química* (VII ed.). McGraw-Hill.

PERRY, R. H., & GREEN, D. W. (2001). *Manual del ingeniero químico*. 4ª Ed. Volumen III, 16.

RODRÍGUEZ, Y., SALINAS, L., RÍOS, C., & VARGAS, L. (Enero-Junio de 2102). Adsorventes a base de cascarilla de arrozen la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 1(10), 146-156.

VON FEHLING, H. (1848). *Determinación cuantitativa de azúcar en la orina*.