

OPCIONES DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZAS Y ALCOHOLES EN SANTIAGO DE CUBA

MsC. Telvia Arias-Lafargue, tal@fiq.uo.edu.cu, Dr. C. Oscar Reyes-Yola,
Ing. Harold Crespo-Sariol
Facultad Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba

El combinado industrial Cervecería Hatuey, Cuba-Ron constituye la fuente puntual de origen terrestre que mayor carga orgánica aporta a la bahía santiaguera (41,55 %) mediante el río Yarayó, según los estudios realizados por diversos investigadores y corroborado por los especialistas del CITMA, provocando afectaciones a la calidad de las aguas de ambos cuerpos receptores. Se proponen 4 alternativas para la minimización de desechos las que permitirían la recuperación del 15,65 % del residual líquido que se vierte a la bahía a través del río Yarayó y el ahorro de 54 164,24 CUP anualmente por concepto de compra de combustible y agua. Además con la estrategia de prevención de la contaminación ambiental disminuirían considerablemente los impactos negativos provocados por el vertimiento de desechos, dándole cumplimiento a una de las tareas priorizadas en el territorio, la reducción de la contaminación de la bahía santiaguera.

Palabras clave: contaminación ambiental, producción más limpia.

The combined industrial Hatuey Brewery, Cuba Ron is the land-based point source with the highest organic loading contributes to the Santiago Bay (41,55 %) by the river kharaj, according to research conducted by various researchers and specialists supported by CITMA causing damages to the water quality of both receiving bodies. 4 alternatives are proposed for the minimization of waste which would enable the recovery of 15,65 % of the residual liquid is discharged into the bay through the river and saving kharaj 164,24 CUP 54 annually for purchases of fuel and water. In addition to the strategy of prevention of environmental pollution significantly decrease the negative impacts caused by the dumping of waste, giving effect to one of the priority tasks in the territory, reducing the pollution of Santiago Bay.

Key words: environmental pollution, cleaner production

Introducción

La estrategia de prevención de la contaminación ambiental y los riesgos constituye la vía idónea para disminuir los impactos negativos ocasionados por la manipulación de sustancias peligrosas y la descarga de contaminantes de la producción de cervezas y alcoholes en la zona costera. Son múltiples las soluciones que pudieran seguirse para lograr dicho objetivo, algunas de ellas se enumeran a continuación:

1. Reciclaje de envases de cartón y plástico.
2. El aislamiento de las tuberías de vapor y de agua caliente.
3. Aprovechamiento de las pérdidas de calor.
4. Crear un comité para el ahorro del agua y la energía.

5. Instalación de dispositivos reguladores de flujo en las mangueras utilizadas en la limpieza de áreas y equipos.
6. Separación de los residuales sólidos insolubles de las aguas residuales.

La ejecución de estas y otras acciones puede controlarse mediante un plan de trabajo que sea centralizado por un Sistema de Gestión Ambiental Empresarial.

Objetivos

1. Identificar los residuales líquidos y sólidos que se generan durante la producción de cervezas y alcoholes en Santiago de Cuba.
2. Describir posibles alternativas de recuperación y reutilización de los residuos sustentándolas desde el punto de vista económico.

Fundamentación teórica

Los estudios realizados por diversos investigadores demuestran que las mayores fuentes aportadoras de contaminantes son de origen urbano e industrial /4/, siendo el Combinado Industrial Cervecería Hatuey Cuba Ron el principal foco contaminante terrestre de la bahía santiaguera al aportar el 41,55 % de la carga contaminante orgánica total que ésta recibe, equivalente a 15 838 t al año, en términos de demanda bioquímica de oxígeno, /5,6/. Una importante peculiaridad que debe tenerse en cuenta es que el mencionado combinado se encuentra ubicado en una zona densamente poblada (23 440 habitantes), rodeado de 38 instalaciones productivas y de servicios, y sus características constructivas pueden ser evaluadas de regular, pues presenta sitios con peligro de derrumbe.

Desde su fundación, hace 84 años, los desechos generados en los procesos productivos del combinado se vierten a la bahía mediante el río Yarayó contribuyendo a la disminución de la calidad de las aguas de ambos cuerpos receptores al verterse en ellas residuales agresivos y con gran carga de sólidos orgánicos. También son varios los impactos atmosféricos producidos por la emisión de gases y polvos industriales. Según los cálculos de emisión realizados el hollín procedente de la caldera puede alcanzar más de 500 m de distancia según la velocidad y dirección del viento afectando a la población aledaña.

Buscar soluciones a la contaminación ambiental provocada por el mencionado combinado es importante e impostergable, más aún si se pretende brindar una solución más efectiva del problema en cuestión empleando la estrategia de integración en sus principales dimensiones y preventiva para la respuesta a los problemas detectados desde el punto de vista de la contaminación por el vertimiento de residuales de todo tipo.

La experiencia internacional comparada ha demostrado que, a largo plazo, prevenir la contaminación mediante la aplicación de opciones de PML es más efectivo desde el punto de vista económico, y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradi-

cionales de tratamiento “al final del proceso”. Sus técnicas pueden aplicarse a cualquier proceso y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción más eficientes, lo que significa mejorar el desempeño ambiental y económico de las entidades y reducir los riesgos para el entorno y los seres humanos. /3,7-9/

Ejemplos sobre empleo de PML en cervecerías se tienen en México y en Murcia donde se utiliza desde el año 2008 el afrecho para generar el metano que es quemado en las calderas, garantizando no solo otro uso a ese residuo sino también disminuir los consumos de combustible con ganancias por compra de este y disminuir los gases por concepto de energía limpia. Principio similar emplean en Argentina, Portugal y EUA donde el biogás lo obtienen de la planta de tratamiento de las aguas residuales de la industria, /1,8,10-13/

Materiales y métodos

- Medición: Se miden variables intensivas y extensivas para determinar los consumos de materias primas y cuantificar los desechos generados.
- Analítico-sintético: se descomponen los procesos productivos en los principales elementos que los conforman para determinar sus particularidades ambientales, las causas, las consecuencias de la contaminación que generan y las vías más adecuadas para su prevención y control.

Propuestas tecnológicas para la minimización de residuales de todo tipo

Disminuir los residuales no sólo disminuye los costos de vertimiento final, sino también los costos del uso de materiales, energía y agua incrementando la eficiencia en el uso de recursos por unidad de producto. Existen dos métodos típicos de reducción en la fuente: los cambios de productos y los cambios de proceso que evitan recurrir a grandes inversiones en plantas de tratamiento de residuales. Prevenir, desde el punto de vista ambiental, mejora la imagen de la empre-

sa entre los clientes, las autoridades, los vecinos y los empleados. La aplicación consciente de cualquier técnica o método de reducción de contaminantes en la fuente permite identificar lo que se desea como práctica industrial ideal. /3/

Pueden ser numerosas las alternativas para lograr los cambios de proceso, un ejemplo de estas referidas a la cervecería "Hatuey", se exponen a continuación:

Recuperación de los residuales líquidos

Los residuales líquidos generados durante las producciones de bebidas en este combinado son vertidos en su totalidad al río Yarayó, estando constituidos por las siguientes corrientes:

- Aguas de pasteurización ($24 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$),
- Agua de lavado de cuñetes ($22 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$),
- Agua de luterio ($0,56 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$),
- Agua de lavado, contralavado y regeneración de los intercambiadores iónicos y de los filtros de la planta de tratamiento de agua ($239,39 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$)
- Agua de lavado de todos los equipos ($11,11 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$),
- Aguas de servicios (aproximadamente $0,49 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$)

Seguidamente se presentan las propuestas concretas para cada tipo de agua.

- Aguas de pasteurización

Para recuperar el agua fría y caliente del proceso de pasteurización se consideró decepcionarlas en cubetas, desde las cuales se bombearán hasta tanques de almacenamiento para su posterior empleo en el propio proceso como agua de pasteurización nuevamente. Para ello se diseñaron tuberías de $31/2''$ std y se utilizará una bomba con impelente cerrado B.S.C.50-30.

En la estimación del costo del sistema de recuperación del agua fría y caliente del proceso de pasteurización también se consideraron los gastos de salario ya que las cubetas, los tanques de almacenamiento de agua, las tuberías y los accesorios existen en la industria; el gasto total asciende a $179,50 \text{ CUP}$, considerando tres días de trabajo para cuatro mecánicos A.

Con esta alternativa se ahorran $1\,642,81 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ de vapor equivalente a un ahorro de 241 t de combustible al año ($15\,424 \text{ CUP}$) y $227\,059,2 \text{ CUP}$ al año por ahorro de agua, de este modo la inversión se recupera en $7,21$ días ($0,3$ meses).

- Agua del lavado de cuñete

Para lavar cada cuñete utilizan una manguera con agua a presión que se mantiene abierta vertiendo $22 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Sería muy económico instalar una válvula en la parte inicial de esta para regular el flujo de agua y utilizar solo la necesaria. La válvula puede ser similar a las de las mangueras de bomberos, que son muy eficientes, su uso genera una reducción significativa del uso de agua y disminuye el volumen de residuales. Se pueden adquirir mangueras de 15 m de $1/2''$ con reductores incluidos a un precio de $211,32 \text{ CUC}$, o de $3/8''$ a un precio de $409,77 \text{ CUC}$, según informa la firma suministradora. Su implementación permitirá un beneficio de $208\,137,6 \text{ CUP}$ al año por ahorro de agua, inversión que se recuperará en $0,73$ días ($0,024$ meses), referido al mayor precio de adquisición

- Agua de luterio

Se genera en la torre de rectificación, es agua suave a $96 \text{ }^\circ\text{C}$ y puede utilizarse como agua de alimentación a caldera, reduciéndose de este modo $2000 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ de agua, contribuyendo además al ahorro energético. La caldera trabaja con una eficiencia de 75% y se utiliza como combustible fuel oil cubano de 280 API cuya tonelada cuesta 64 CUP ; de utilizar la variante propuesta significaría un ahorro de combustible equivalente a 175 t al año. La inversión total asciende a $10\,139 \text{ CUC}$ y $243,16 \text{ CUP}$ anuales por concepto de explotación, sin embargo se logra un beneficio económico ascendente a $11\,200 \text{ CUP}$ anuales por ahorro de combustible y $5\,298,048 \text{ CUP}$ anuales por ahorro de agua. Esto hace que la inversión se recupere en $181,23$ días ($7,55$ meses). Desde mediados del año 2010 se realizó la inversión y se han obtenido muy buenos resultados.



- Agua de servicio

Teniendo en cuenta que almuerzan 450 trabajadores y comen 200 puede determinarse que el gasto de agua por concepto de alimentación es de aproximadamente $42,25 \text{ m}^3 \cdot \text{día}^{-1}$. La norma de evacuación de aguas residuales establece el consumo de entre 25 y 40 L de agua por trabajador dependiendo del área donde trabaje, dado las necesidades de consumo que tendrá.

Los residuales líquidos totales que se generan en el combinado industrial ascienden a $297,55 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$, sin incluir las aguas de las purgas de los sistemas de enfriamiento y las aguas de servicio general (baños, limpieza de pisos, lavado de manos), representando la contaminación que aportan 50 068 personas equivalente a $1\,553,36 \text{ t}$ al año en términos de DBO_5 . De todo este volumen si se implementan las propuestas de recuperación aquí expuestas se lograrían recircular $46,56 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ de agua (agua de embotellado, de cuñete y de luterio), lo cual representaría el 15,65 % de toda el agua que se vierte actualmente a la bahía a través del río Yarayó. Esto da lugar a la disminución de la contaminación equivalente a 7 836 personas ($243,10 \text{ t}$ al año en términos de DBO_5) y al ahorro de $436\,150,24 \text{ CUP}$ al año por concepto de gasto de agua, así como de $26\,624 \text{ CUP}$ al año por concepto de compra de combustible en el área del generador de vapor, de esa manera la inversión por la implementación de las propuestas de residuales líquidos se recuperará en 189,17 d (7,874 meses).



Recuperación total del afrecho

Se utilizan 20hL de agua para desplazar al afrecho que queda en la parte más cónica de la tina de extracción, debido a que la cuchilla no llega hasta el fondo y solo extrae el de arriba, enviándose el resto a la alcantarilla. Se propone que la suspensión de afrecho que sale de la tina pase por una criba donde este se retenga, para almacenarlo hasta que sea recogido para alimento animal, evitando su vertimiento y reduciendo la contaminación. Mensualmente se hacen 30 cocimientos de los cuales 156 t de afrecho se vende como alimento animal y 17 t se descargan a la alcantarilla ($23,63 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$).



El procedimiento sería sustituir el actual lecho del tornillo sinfín por una malla de metal preferentemente inoxidable o bronce la que a su vez estará protegida por una carcaza que servirá para rete-

ner el agua que se extraerá manteniendo abierta la válvula de desagüe. La inversión solo requiere el costo de la mano de obra ascendente a 89,76 CUP pues la pueden realizar dos mecánicos de la industria empleando una criba de la propia tina, que no se está utilizando y la cual, por supuesto, cumple con todos los requerimientos, permitiendo recuperar la inversión en 1,1 días (0,036 meses). Las dimensiones reales de la carcaza actual del tornillo es de 75x45x36 cm, entonces esas serían las dimensiones reales de la criba a instalar, la nueva carcaza tendría como dimensiones 75x50x46 cm pues se le incrementan 5cm de distancia entre la criba y la carcaza protectora para que fluya el agua de enjuague del afrecho. De este modo todo el afrecho obtenido durante la filtración puede ser vertido al tornillo y enviado a los tanques de almacenamiento de afrecho existentes en la industria. De igual modo se evita no solo el vertimiento de afrecho en el área sino el derrame de agua para la posterior limpieza de la zona.

El afrecho puede utilizarse también para obtener biogás, sabemos que en el 2009 se recuperaron 2 429,69 t para su comercialización como alimento animal a 14 CUP la tonelada. Se determinó mediante un ensayo real de biometanización, en la Universidad de Múyese Friedberg, Alemania, /2/ que el potencial de producción de biogás sería de 170 m³/t/ de afrecho. Siguiendo estos datos podemos decir que para una producción de 2429.69 toneladas se estima una generación de 413 047,3 m³ de biogás en el año 2009.



Ahora bien 1m³ biogás (totalmente combustionado) equivale a 1,25 kw.h de electricidad, por lo que 413 047,3 m³ biogás en igual codición representarían 516 309,12 kW.h. En el año 2009 se consumió en la fábrica 5 210,71 MW.h, sin embargo el haber empleado el biogás a partir del afrecho significaría un ahorro del 9,6 % del consumo de Fuel-Oil del año equivalente a 413,047 t de combustible.

Como se puede apreciar la utilización del afrecho para la obtención de biogás significa un ahorro importante para la industria sin embargo su empleo como biocombustible dependerá de la necesidad del territorio de solucionar uno de dos problemas: la alimentación animal o el uso de energía limpia.

Es importante señalar que en la actualidad son grandes las obstrucciones que provoca la descarga del afrecho en el conducto de evacuación de los residuales del combinado, generando además fetidez en la zona de descarga. La implementación de esta propuesta permite eliminar ambas cosas definitivamente.

Recuperación total de la levadura

Existen 16 reactores de cada uno se desechan 2500 dm³ de levadura que puede tener disímiles usos, como hidrolizado para el tratamiento de quemaduras, para conseguir un cutis más terso y suave, al librar la piel de las asperezas y arrugas precoces que la afectan y como complemento nutricional /15/. Se propone un tanque que almacene los 20 m³ de levadura que se desechan mensualmente. Este presentará como dimensiones 2,17 m de diámetro y 3,25 m de alto. La tubería para la succión de la bomba es de 2,54 cm y de 1,27 cm la de la descarga de la bomba. La bomba a instalar será una portátil o auxiliar de las que existen en la industria. La crema de levadura puede comercializarse con la Empresa de Porcino para alimento animal siendo su precio de 9,40 CUP el hectolitro generando un beneficio económico de 22 560 CUP al año. No hay que realizar inversión ya que se cuenta con tanques de esa capacidad y con las bombas.



Recuperación de la tierra de infusorio

La tierra de infusorios es el medio filtrante que se utiliza para separar los sólidos suspendidos que contiene al salir del fermentador y conferirle el grado requerido de brillantez a la cerveza, empleándose actualmente una tierra de color blanco, de origen volcánico. Luego de filtrarse la cerveza la tierra utilizada se envía al alcantarillado. El filtro de cerveza se carga relativamente dos veces al día, cada carga es de 300 kg (de tierra de infusorios) y por consiguiente se realizan dos descargas del filtro (600 kg tierra de infusorio gastada), resultando una gran carga de sólidos enviada al alcantarillado que provoca severas obstrucciones en la canalización de la fábrica y en el alcantarillado, constituyendo una carga contaminante considerable que puede provocar un impacto apreciable de la batimetría del lóbulo interior de la bahía, donde radican las principales instalaciones hidrotécnicas de la zona portuaria santiaguera. Para transportarla desde la cubeta receptora se necesita una bomba de tornillo, que puede ser de husillo helicoidal JP 700 DRA, muy potente para fluidos viscosos como los sedimentos, con un costo de 15 000 CUC. /14/



La tierra de infusorio ya gastada puede usarse para fines constructivos, como polvo de esmeril en el tallado de lentes oftálmicos, como medio docente en los laboratorios de emulsiones como estabilizador y como abrasivo en la fabricación de jabones, los que una vez fabricados han sido probados en la limpieza de vasijas y eliminación de grasas.

Las alternativas propuestas se definieron según un orden de prioridad establecido al ofrecer variantes que permiten disminuir o eliminar totalmente la contaminación que aportan los equipos más conflictivos en la industria. Las opciones propuestas repercuten integralmente en el combinado. Las mismas bien pueden constituir una metodología de prevención y control de la contaminación ambiental generada por el combinado industrial, cuya inversión se recuperará en un período de 291,37 días (12,14 meses).

Válido señalar que en el caso de los residuales líquidos el beneficio económico por concepto de compra de combustible y agua asciende en total a 467 118,848 CUP en un año. Mientras por la comercialización de los residuos sólidos como alimento animal o con la empresa de materia prima, según sea el caso, se logra un beneficio económico de 54 164,24 CUP anuales.

Las soluciones previstas a la problemática ambiental planteada en la presente investigación están en perfecta correspondencia con los objetivos de las estrategias ambientales nacional y provincial del CITMA, con los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR), con cuatro de los programas territoriales científico-técnicos aprobados por su delegación santiaguera, y con los objetivos del punto focal del Instituto Cubano de Investigaciones de la Industria Alimenticia. Además, estarán en correspondencia con las acciones que puedan implementarse para lograr la introducción y aplicación del concepto de producción más limpia lo que permitiría reducir no solo los costos de producción sino también, mitigar los impactos ambientales negativos que dicho combinado provoca en la bahía santiaguera.

Conclusiones

1. La implementación de las propuestas de recuperación de residuales líquidos permite la recuperación del 15,65 % del residual que se

vierte a la bahía, equivalente a la contaminación que aportan 7 836 personas y el ahorro anual de 467 118,848 CUP por concepto de compra de combustible y agua, así como 54 164,24 CUP por venta de residuales sólidos, siendo posible generalizar las propuestas a cualquier industria que elabore surtidos similares, demostrándose que la contaminación ambiental generada por la producción de cervezas y alcoholes puede minimizarse sin la necesidad de una gran planta de tratamiento de residuales.

2. Las opciones de prácticas de producción más limpias presentadas de recuperación de residuales líquidos y sólidos, resultan imprescindibles para mitigar los impactos ambientales negativos provocados por las producciones de cervezas, maltina y alcoholes, demostrando las potencialidades de la estrategia preventiva con respecto a la estrategia al final del proceso, resultando esencial para solucionar los problemas ambientales que se manifiestan la integración de la prevención de riesgos con la estrategia de producción más limpia.

Bibliografía

1. Barrels of biogas-biomass Magazine <http://www.biomassmagazine.com> 2009
2. Biometanización a partir de biomasa consistente en bagazo de cervecera. <http://www.argem.es> 2009
3. BISHOP, Poul., "Pollution prevention: fundamental and practices". Boston McGraw-Hill, Series in water resources and environmental engineering, 2000.
4. CHABALINA, L. y Beltrán, J., "Contaminación marina en bahías y zonas costeras de Cuba e del Gran Caribe". Centro de Ingeniería y manejo Ambiental de Bahías y Costas. La Habana. Cuba. 1999
5. CITMA., "Evaluación y control de la contaminación marina en la bahía de Santiago de Cuba". Santiago de Cuba. 2007
6. CITMA., "Informe de la situación ambiental bahía santiaguera". Santiago de Cuba. 2008
7. HERNÁNDEZ, M. y col., "De la gestión ambiental a las producciones más limpias." II Encuentro de tecnologías y gestión del conocimiento. Villa Clara. 2008
8. MILLARES, Yuri., "La opción industrial de las energías renovables". Revista Pellagofio. 2007. <http://pellagofio.com>
9. PINO, A.; FERNÁNDEZ, A.; ARIOS, L., "Servicio informativo sobre producción más limpia dirigido al usuario y/o cliente." Centro Nacional de Producción más limpia. Centro de Información, Gestión y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba. 2003.
10. Proyecto Elesa: generar metano a partir del bagazo. Vía Europa Press. <http://culturillacervecera.blogspot.com/2008/05/proyecto-elsa-generar-metano-partir>
11. Pollution Prevention for Wastewaters from Microbreweries. <http://twua.org/p2/Tips/Microbreweries.html> 2008
12. Researchers to study biofuel production from beer and wisky products. <http://news.mongabay.com/bioenergy/2007/08/researchers-to-study-biofuel-production.html>
13. SANDOVAL, N., "Una fuente de energía". Revista Mundo Ejecutivo. 23 de Octubre del 2009.
14. Tornillo sinfín para cualquier tipo de industria. <http://www.quiminet.com> , 2010
15. VALDÉS, J., "Estudio fisiológico del cultivo de *Sacharomice Cereviceae* para la obtención de una molécula homogénea de factor de crecimiento epidérmico humano (FCE-H)". Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. 2008. <http://www.academiaciencias.cu>