

*Higiene y Sanidad Ambiental*, **16** (3): 1423-1427 (2016)

## Propuesta de un sistema de recuperación de agua en el proceso de obtención de aceites esenciales de ylang ylang

### *PROPOSALS TO RECOVERY WATER IN THE PROCESS OF YLANG YLANG ESSENTIAL OILS OBTAINING*

Isnel BENÍTEZ CORTÉS<sup>1\*</sup>, Amaury PÉREZ MARTÍNEZ<sup>1</sup>, Odlanier BLANCO JORGE<sup>2</sup>, Yarely FERNÁNDEZ BEBERT<sup>1</sup>, Yisandra PÉREZ TELLES<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Carretera Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba.

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Bioalimentos (CIBA), carretera a Patria km 1 ½, Morón, Ciego de Ávila, Cuba.

*Correspondencia:* Isnel Benítez Cortés. Correo-e: isnel.benites@reduc.edu.cu

#### RESUMEN

Este trabajo fue realizado en el Centro de Investigación en Bioalimentos (CIBA) en Morón, Ciego de Ávila, Cuba, con el objetivo de evaluar propuestas de minimización de los consumos de agua en el proceso de destilación de aceites esenciales de ylang ylang. Mediante la consideración de elementos técnicos, económicos y ambientales, se evalúa una propuesta de solución para reducir los impactos ambientales de las emanaciones de aguas residuales del proceso, basados en un ciclo cerrado del agua. Se propone un esquema tecnológico y se diseñan los principales elementos que lo conforman.

**Palabras clave:** ylang ylang, destilación, condensación, aceites esenciales, aguas residuales.

#### ABSTRACT

This work was performed at the Center for Research in Bio Food(CIBA) in Morón, Ciego de Avila, Cuba, with the purpose of evaluating proposals for minimizing water consumption in the process of distilling essential oils of ylang ylang. By considering technical, economic and environmental elements, a proposed solution is evaluated to reduce the environmental impacts of wastewater during the emanations of process, based on a closed cycle of water. In addition is propose a technological scheme and the main elements are designed to it's conformed.

**Keywords:** ylang ylang, distillation, condensation, essential oils, wastewater.

#### INTRODUCCIÓN

El agua brota como el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI ya que se espera que en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será un 56% superior que el suministro y quienes posean agua podrían ser blanco de un saqueo forzado. Se calcula que para los 6.250 millones de habitantes a los que hemos llegado se necesitaría ya

un 20% más de agua. Actualmente, se estima que alrededor de mil millones de personas tienen un deficiente acceso al agua potable lo que favorece la proliferación de enfermedades y brotes epidémicos. En cuanto a la contaminación de la misma, la principal fuente resultan las industrias, debido a su manejo inadecuado (Arenas et al, 2011).

En el laboratorio del CIBA se realiza el proceso de obtención de aceite esencial a partir de las flores

de ylang ylang por destilación. Este aceite resulta insustituible en la elaboración de productos cosméticos de fama mundial, formando parte de las preparaciones más finas de estos productos (Leyva et al, 2007). Por otra parte, sus extractos son usados como analgésicos en animales (Maniyar y Janaki, 2015), como antibacteriano (Hulkoti y Taranath, 2015) así como para evitar la puesta de huevos del mosquito hembra *Aedes aegypti* (Sritabutra y Soonwera1, 2013), entre otros usos.

La fragancia de ylang-ylang es rica y profunda con notas de goma y de crema, y dejos de jazmín y neroli. El aceite esencial de la flor se obtiene por destilación de las flores y posterior condensación y se separan en diferentes grados (extra; 1; 2; 3) de acuerdo a cuando se obtienen los destilados.

Los componentes aromáticos del aceite de ylang-ylang son benzilacetato, linalol y p-cresilmetiléter y metilbenzoato, responsable de su característico olor.

El aceite esencial de ylang-ylang se usa en aromaterapia. Se cree que mejora la hipertensión, normaliza secreción de sebo en pieles problemáticas, y se considera un afrodisiaco.

Durante la etapa de condensación de este proceso, se consume una gran cantidad de agua a contracorriente para condensar, la cual es vertida al medio ambiente sin que sea recuperada en el proceso. Por otro lado, una parte importante del agua condensada es vertida al medio ambiente trayendo problemas de contaminación. Por tanto, se considera que el uso y vertimiento indiscriminado de agua en el CIBA genera impactos ambientales negativos. Para dar solución a esta problemática, en este trabajo se propone un sistema de recuperación de agua para minimizar los daños ocasionados, tanto por el consumo excesivo de agua como por la deposición de aguas contaminadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Como vía de solución a este problema se propone un sistema cerrado de recirculación de agua mediante una piscina de almacenamiento y un tanque de recepción.

### Balances de masa

Se realizan los balances de masa en cada uno de los equipos (destilador de aceites esenciales, bidestilador de agua, destilador Kjeldahl y destilador de agua) partiendo del consumo real de agua en un día de operación. Con estos resultados se diseña una piscina de almacenamiento de agua se diseña el sistema de bombeo partiendo de la metodología propuesta por Rosabal (2006). Las determinaciones fundamentales de la metodología están referidas a:

Pérdidas hidráulicas en la succión

$$h_{ps} = h_{fs} + h_{ts} \quad (1)$$

$$h_{fs} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (2)$$

$$h_{ts} = \frac{f}{f_{urb}} * \sum K_i * \frac{v^2}{2 * g} \quad (3)$$

Velocidad del fluido agua, el diámetro de tubería y el número de Reynolds. Se asume Se asume velocidad de 1 m/s (rango establecido para líquidos en literatura entre 1-3 m/s).

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi * D^2} \quad (4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \quad (5)$$

$$Re = \frac{V * \rho * D}{\mu} \quad (6)$$

$$E = \frac{e}{D} \quad (7)$$

Pérdidas hidráulicas en la succión

$$h_{pd} = h_{fd} + h_{LD} \quad (8)$$

$$h_{fd} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g} \quad (9)$$

$$h_{LD} = \frac{f}{f_{urb}} * \sum K_i * \frac{V^2}{2 * g} \quad (10)$$

$$h_{pT} = h_{ps} + h_{pD} \quad (11)$$

Altura de la bomba y carga de succión neta positiva

$$H = \frac{\Delta P}{\rho * g} + \frac{\Delta \alpha * v^2}{2 * g} + \Delta Z + h_{pi} \quad (12)$$

$$NPSH_{disp} = \frac{P_1 - P_v}{\rho * g} - (H_s + h_{ps}) \quad (13)$$

Características de la bomba

$$-W = g * \rho \quad (14)$$

$$Q_m = \rho Q \quad (15)$$

$$N'' = \frac{Q_m W}{E_m} \quad (16)$$

$$N = N''\beta \quad (17)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra un esquema del proceso de los principales consumidores de agua en el proceso de extracción de aceites esenciales de ylang ylang.

### Destilación de aceite

En un balón de 5000 ml de capacidad se añaden 2500 ml de agua destilada, el mismo se coloca en una hornilla hasta alcanzar una temperatura de 100-105 °C, el vapor desprendido pasa por una trampa de vapor para evitar el paso de agua previamente condensada, el vapor que continua pasa a un recipiente que contiene 300 g de pétalos de ylang ylang y por arrastre de vapor se evapora y extrae el aceite de los pétalos obteniéndose una mezcla gaseosa de aceite y agua que posteriormente pasa a una torre de condensación donde se hace pasar un flujo a contracorriente de agua a temperaturas inferiores para condensar y obtener la mezcla inmisible antes mencionada, esta vez, en estado líquido.

### Destilación de agua

El agua corriente entra al destilador donde es calentada por un sistema de resistencias, el vapor desprendido es dirigido a la etapa de condensación donde es recolectado dentro del mismo equipo en una cámara bañada por agua y luego de ocurrir el cambio de fase del agua de vapor a líquido esta es almacenada, mientras que el agua que se utiliza para la obtención del condensado es vertida al medio.

### Agua bidestilada

En un balón con capacidad de 5000 ml se añade agua destilada la cual se va a someter a un proceso de destilación para obtener agua bidestilada, de gran utilización en los diferentes análisis, el recipiente es colocado en una hornilla hasta alcanzar una temperatura de 100 a 105 °C. Se le coloca al balón una trampa de vapor la cual impide el paso de agua y luego pasa a una torre de condensación donde se hace pasar un flujo a contracorriente de agua a temperaturas inferiores (32-38 °C) para condensar obteniéndose agua bidestilada a 34 °C.

### Destilador Kjeldahl

Se pesa 1g de muestra en un papel de filtro, se envuelve de forma que no se vote la muestra. Se introduce la muestra en un balón Kjeldahl de 250ml limpio y seco. Se añade una pizca de catalizador y 20ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Se coloca un balón con una inclinación de 60° sobre la hornilla eléctrica bajo la campana de extracción de gases. Suavemente se calienta hasta la aparición de los primeros vapores

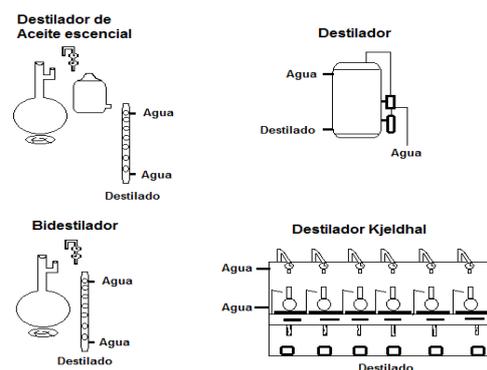


Figura 1. Consumidores de agua.

blancos, luego se aumenta al máximo la temperatura. Se continúa la digestión hasta que la muestra tome un color verde claro o transparente. Se deja enfriar el balón hasta la temperatura ambiente. Luego el contenido es trasvasado en un volumétrico de 100ml, lavando con pocas cantidades de agua destilada, se deja enfriar y se enrasa.

Para la destilación, se toman 10ml de la solución de la digestión y se trasvasa a un balón Kjeldahl de 500ml. Se añade 10ml de NaOH al 50% y 100ml de agua destilada de forma que arrastre el hidróxido que quede en las paredes del balón. El balón es colocado en el equipo de destilación Kjeldahl, su contenido es sometido a calentamiento, el vapor desprendido, con una temperatura de 100-105°C, pasa por una trampa de vapor para evitar el paso de agua, el vapor que continúa pasa a un serpentín donde se hace pasar un flujo a contracorriente de agua a una temperatura

Tabla 1. Consumo de agua por equipos.

Equipo	DAE	BDA	DK	DA
Flujo de salida, mL/min	600	700	800	1800
Tiempo de trabajo, h		8		3
Tiempo de una muestra, h	1,5		0,068	
Capacidad, muestras/día	2		2	
Consumo total de agua, L/día	108	339	7,4	775.4
Total, L/día	1229,8			
Total, L/mes (24 días de trabajo)	29515,2			
Total, L/año (en base 11 meses)	324667,2			

DAE: Destilador de aceite esencial; BDA: Bidestilador de agua; DK: Destilador Kjeldahl; DA: Destilador de agua

inferior para lograr la condensación. Luego se

**Tabla 2.** Resultados de la selección de la bomba.

	Valor	Unidades
Diámetro de la tubería	0.00916	m
Reynolds	9614.1	adimensional
Material de la tubería	Acero galvanizado	
Rugosidad de la tubería	0.125	mm
Rugosidad relativa	0.013	adimensional
Factor de fricción	0,027	adimensional
Pérdidas por fricción	0,39	m
Pérdidas por resistencias locales	0,066	m
Pérdidas succión	0.45	m
Pérdidas en la descarga	1,51	m
Pérdidas totales	1,96	m
Diferencia de altura	4,27	m
Carga del sistema	6,23	m
Flujo de operación de la bomba	0,24	m <sup>3</sup> /h
Velocidad de rotación	1740	rpm
Diámetro del impelente	125	mm
Eficiencia	15	%
Potencia de la bomba	0,15	kW
NPSH requerido	5,3	m
NPSH disponible	8,06	m

recogen 50ml del destilado en un Erlenmeyer que contenga 5ml de reactor bórico. Se valora el destilado con solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de concentración 0,01mol/L y se calcula el % de proteína bruta.

La tabla 1 muestra los resultados de los consumos de agua por equipos. En la misma se encuentran los consumos de agua diarios, mensuales y anuales para poder cumplir con las capacidades exigidas por los consumidores del aceite, aparecen los tiempos de explotación de cada uno de los equipos así como el tiempo de durabilidad de cada muestra que se procesa en los equipos.

### Diseño de los equipos

La tabla 2 muestra los resultados de la aplicación de la metodología.

### Piscina de almacenamiento

Como el flujo de agua diario es  $Q=1229,8$  L/día= $1,229$  m<sup>3</sup>/día se propone la construcción de una piscina con volumen de 2 m<sup>3</sup> previendo la incorporación de un nuevo proceso con similares características o un incremento del flujo. Se propone un tanque de forma rectangular de 2 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de profundidad.

### Selección de la bomba

*Determinación del flujo real por unidad de tiempo*

Destilador de aceite esencial:

$$Q=108L/3h = 36 L/h$$

Bidestilador de agua:

$$Q=336L/8h=42L/h$$

Destilador Kjeldahl:

$$Q=900ml/min=54L/h$$

Destilador de agua:

$$Q=108L/h$$

$$Q_{total}=240L/h$$

Bomba

$$Q_{susp}=0,24 m^3/h$$

Asumiendo una eficiencia del 15% se obtiene una potencia de  $N=0,02705kW$ .

Se trabaja con un coeficiente de reserva  $\beta=2$ . Con este valor, se obtiene una potencia  $N=0,054$ .

Se selecciona el motor con las siguientes características (Rosabal 2006)

Motor monofásico: 110-220 V de 60 Hz

Frecuencia nominal: 0,09 kW.

Velocidad sincrónica (n):1800 r/min.

### Tanque

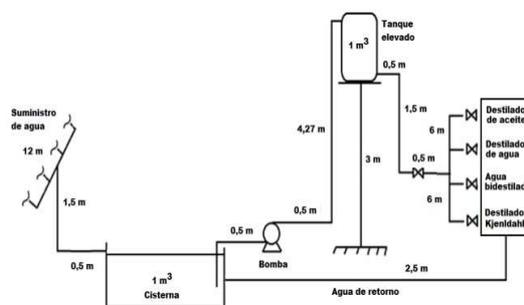
El tanque, de forma cilíndrica, tendrá el mismo volumen de la piscina 2 m<sup>3</sup>. Asumiendo  $r=0,5m$  se obtiene  $h=2,54$  m.

### Esquema propuesto

La figura 2 muestra el esquema tecnológico propuesto para la recirculación del agua utilizada. El agua se recibe en cisterna de 1 m<sup>3</sup> de capacidad y desde allí se envía a un tanque elevado de almacenamiento. Del tanque, el agua sale por gravedad y se envía a cada uno de los consumidores, saliendo de los mismos el agua no utilizada o rechazada la cual retorna a la cisterna de almacenamiento. De esta forma se establece un ciclo cerrado.

### Análisis económico

Se realiza un análisis económico donde se tiene en cuenta los costos de inversión principales de la propuesta. Para esto se parte del método aproximado reportado por Peter y Timmerhaus (1991). La tabla 3 muestra los principales resultados.



**Figura 2.** Esquema tecnológico para la reutilización del agua a ciclo cerrado.

**Tabla 3.** Resultados del análisis económico.

Partida	Valor	Unidad
Costo de adquisición de los equipos (bomba y tanques)	8903.85	CUP*
Costo de instalación y montaje del equipamiento	2225.96	CUP
Costo de tuberías (30% del costo de inversión)	2671.15	CUP
Costo total de inversión	13800.96	CUP
Capital de trabajo (10 % del costo total de inversión)	1380.096	CUP
Costo total	15181.05	CUP

\*: pesos cubanos

### Nomenclatura

- hp- Pérdidas hidráulicas totales.
- hps- Pérdidas hidráulicas en la succión.
- hpd- Pérdidas hidráulicas en la descarga.
- f- Factor de fricción.
- fturb- Factor de fricción turbulento.
- e- Rugosidad absoluta.
- E- Rugosidad relativa.
- hl (d o s)- Pérdidas locales (descarga o succión).
- hf- Pérdidas por fricción.
- $\Delta P$ - Caída de presión.
- Kturb- Coeficiente de resistencias locales.
- H- Carga.
- $\Delta Z$ -Variación de altura.
- D- Diámetro.
- NPSH- Carga neta positiva de succión.
- $\alpha$ - Coeficiente de corrección de la energía cinética.
- ht- Altura del tanque.
- Q- Caudal volumétrico.
- $P_1$ - Presión atmosférica.
- $P_v$ - Presión de vapor.
- $\rho$ - Densidad.
- $\mu$ - Viscosidad.
- $\eta$ - Eficiencia.
- g-Gravedad.
- Vtan - Volumen del tanque.
- $\Pi$  - constante pi.
- r- radio.

- (-W)- gasto de energía por unidad de masa.
- Qm- Flujo másico.
- $N'$ - Potencia consumida.
- ( $\beta$ )- Coeficiente de reserva de potencia.
- N- Potencia.
- Em-Eficiencia del motor.

### BIBLIOGRAFÍA

- Rosabal, J. Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas (tomo I y II). Editorial Revolucionaria, La Habana, Cuba, 2006.
- Leyva, M. A.; Ruiz, C. A.; Martínez, J. R.; Stashenko, E.E. Variación anual de la composición química del aceite esencial de flores de ylang-ylang (*Cananga Odorata* Hook Fill et Thomson, forma genuina), *Scientia et Technica* 2007; 33.
- Arenas, A.D.; Marcó, L. M.; Torres, G. evaluación de la planta Lemnaminor como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. *Avances en ciencias e ingeniería* 2011; 2(3):1-11.
- Maniyar, Y.; Janaki, D. Evaluation of analgesic activity of ethanolic extract of *Cananga Odorata* Lam in experimental animals. *Int J Pharm Bio Sci* 2015; 6(2): 467 – 474.
- Hulkoti, N.I.; Taranath, T.C. Effect of various physico-chemical factors on synthesis of biogenic silver nanoparticles using leaf extract of *Cananga odorata* (Lam.) Hook. f. & Thomson. and its antibacterial effect. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.* 2015; 35(2): 213-218
- Sritabutra, D.; Soonwera, M. Effects of eight essential oils on oviposition deterrent activity against females *Aedes aegypti* Linn. and *Culex quinquefasciatus* Say. *ICIST2013*; 502-510.
- Peter, M. S.; Timmerhaus, K. D. *Plant design and Economics for Chemical Engineering*, McGraw and Hill International Editions, EEUU, 1991: 150-253.