



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



CARACTERIZACIÓN DE MERMAS EN SOLERA EN LA PRODUCCIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS

Rodrigo Bruni, Oscar Vanella, Silvina Faillaci, Jesús Giordano

**Universidad Nacional de Córdoba
Córdoba, Argentina**

Idania Blanco Carvajal, Arlyn Reyes Linares

**Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar –
ICIDCA
La Habana, Cuba**

Resumen

El proceso de añejamiento es determinante en la calidad de los rones. En su transcurso se producen pérdidas que afectan tanto al producto como a la productividad.

Estudios preliminares realizados por nuestro equipo determinaron la existencia de una correlación directa entre las pérdidas y la temperatura ambiental, e inversa con la humedad relativa. Se registraron ambas variables ambientales durante un período de 14 meses y se correlacionó con las pérdidas en cada barril de una solera cuyo nivel se midió periódicamente.

A partir de dichos resultados el presente trabajo se enfocó en el diseño e implementación de un sistema de medición de temperatura, humedad y concentración de alcohol volátil ambiental a fin de replicar el estudio anterior en cuatro soleras diferentes con el objeto de establecer una función correlativa entre las pérdidas y las variables ambientales, como base de un manejo predictivo del proceso de añejamiento y preventivo de las mermas.

Para ello se fueron diseñados registradores, concebidos para una recolección de variables en nueve puntos de la solera con capacidad de almacenamiento para más de un año de manera de tomar valores para cada nivel de almacenamiento. Paralelamente se diseñaron sistemas de medición de nivel de contenido para los barriles a fin de simplificar, mejorar la manipulación y asegurar la inocuidad de esta operación.

Como parte final del proyecto, se pretende proponer métodos que permitan minimizar las pérdidas que no requieran modificaciones en las soleras y que puedan realizarse a un bajo costo operativo, como minimizar la radiación solar incidente en techo y paredes exteriores de dichos almacenes con el objeto de disminuir la temperatura sin bajar la humedad relativa.

Palabras clave: ron; producción; merma; condiciones ambientales

Abstract

The aging process is a determining factor in the rums quality. During this process there are production drops (known as Angel's Share) that affect both the product and productivity.

Preliminary studies conducted by our team determined the existence of a direct correlation between drops and environmental temperature, and inverse with relative humidity. Both variables were recorded over a 14 month period and correlated with the losses, which were measured in each barrel periodically.

Based on these results, the present work focused on design and implementation of temperature, humidity and concentration of volatile environmental alcohol measure and datalogging system in order to replicate the previous study in four different solera in order to establish a correlation function between drops and environmental variables, as a basis for predictive management of the process of aging and prevention of drop production.

In order to reach this goal, nine probes dataloggers with up to one year storage capability have been designed for a collection of variables in different points of the solera, in each storage level. At the same time, liquid level measurement systems were designed for the barrels and in order to simplify, improve the process and ensure the innocuousness of this operation.

As a final part of the project, simple and low cost method, that do not require modifications in the solera (i.e. minimize the solar radiation direct incidence in roof and external walls) was proposed in order to reduce the temperature.

Keywords: rum; drop production; environmental conditions

1. Introducción

El proceso de añejamiento es determinante en la calidad de los rones. En su transcurso se producen pérdidas (Diez, *et al.*, 2013), popularmente conocidas como “la porción del Ángel” (Marcano, 2016) (Hall, *et al.*, 2002) que afectan tanto al producto como a la productividad. El estudio de la merma en el volumen del producto durante su añejamiento en relación a las condiciones ambientales (temperatura y humedad) existentes en la solera es un factor clave de éxito en su obtención.

Estudios preliminares realizados determinaron la existencia de una correlación directa entre las pérdidas y la temperatura ambiental, e inversa con la humedad relativa (Bertozzi, *et al.*, 2016). Se registraron ambas variables ambientales durante un período de 14 meses y se correlacionó con las pérdidas en cada barril de una solera de Bodegas Vigía perteneciente al Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas de Cuba (CERALBE) del ICIDCA, cuyo nivel se midió periódicamente. Asimismo, se comprobó la existencia de tres grupos poblacionales de barriles según su registro de pérdidas; cada uno de estos grupos se corresponde con una altura de almacenamiento diferente. Esto último se atribuyó a la estratificación térmica en el interior de la solera.

Por otra parte, la temperatura de añejamiento, es esencial para mantener la *Denominación de Origen Protegida (DOP) "CUBA / RON CUBANO"* obtenida por los rones fabricados en Cuba, que deben su calidad y reputación a su origen geográfico, en conjunto con factores naturales y humanos que influyen sobre ellas; ya que, el Ron cubano es añejado en forma natural, a una temperatura promedio de añejamiento de 30 °C y descuenta del añejamiento el tiempo que transcurra a temperaturas bajas, declarando nulo el añejamiento a temperaturas inferiores a 15 °C (Gaceta, 2013).

A partir de lo expresado, se consideró necesario replicar el estudio anterior en cuatro soleras diferentes, pertenecientes al Grupo Azucarero AZCUBA. Para ello se diseñó un sistema de medición de temperatura, humedad y concentración de alcohol volátil ambiental y luego se construyó un dispositivo de medición para cada bodega. El tratamiento y análisis de los resultados de medición obtenidos permitirán establecer una función correlativa entre las pérdidas y las variables ambientales que pueda ser utilizada como base de un manejo predictivo/preventivo de las mermas durante el proceso de añejamiento.

A continuación, se exponen los trabajos realizados por el equipo de investigadores pertenecientes a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEfyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Argentina, y al Centro de Referencia de Alcoholes y Bebidas (CERALBE) del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), Cuba..

2. Desarrollo

2.1. Condiciones de añejamiento del ron en soleras

Con el objeto de reconocer las condiciones en las que se almacena el ron cubano y realizar una verificación experimental de la temperatura existente en diferentes puntos de las instalaciones y a distintas alturas de almacenamiento de los barriles, se realizaron mediciones en las soleras de añejamiento de tres bodegas cubanas, pertenecientes al grupo azucarero AZCUBA (Fig. 1.):

- Unidad Empresarial de Base (UEB) "Melanio Hernández", situada en las cercanías de la localidad de Sancti Spiritus. Producto: ron SANTERO.
- UEB "Heriberto Duquesne", situada en las cercanías de la localidad de Villa Clara. Producto: ron MULATA.
- UEB CERALBE, situada en La Habana. Producto: ron VIGÍA.



Fig. 1. Medición de la temperatura dentro de las soleras.

Las mediciones de temperatura fueron realizadas con un termómetro infrarrojo marca UNI-T, modelo UT301A cuyas características son: rango de medición, -18 a $+350$ °C; exactitud, $\pm 1,8$ °C; $U = \pm 1,8\%$ con $K=2$.

2.2. Sistemas de medición y registro

A partir de los resultados de las actividades descritas en el apartado anterior, se desarrollaron sistemas de medición y registro para las siguientes magnitudes: temperatura ambiente, humedad relativa ambiente, volumen de líquido en el barril y concentración de alcohol etílico en aire.

Cada equipo de medición y registro de variables ambientales consta de:

- a) nueve sensores de temperatura y humedad, cada uno de ellos unido al cuerpo principal del instrumento por cables (alimentación y transmisión de datos) de diferentes longitudes para permitir su ubicación en distintas alturas y lugares dentro de la solera.
- b) un sensor de concentración de alcohol etílico en aire.

El instrumento para medir y registrar el volumen de líquido contenido en el tonel, se desarrolló como un equipo independiente del descrito anteriormente.

Todos los dispositivos se diseñaron y construyeron atendiendo los siguientes criterios: Facilidad de replicación por integración de módulos, uso de plataformas libres (hardware y software), componentes fácilmente obtenibles, posibilidad de funcionar con tensiones de alimentación comprendidas un rango de 100 a 240 V y considerando intermitencias frecuentes en la tensión de alimentación.

3. Resultados

3.1. Condiciones de añejamiento del ron en soleras

Si bien las soleras estudiadas presentan características similares ya que están construidas de mampostería tradicional, con techo de chapa y/o fibrocemento y edificadas en una sola planta sobre nivel de tierra, se encontraron diferencias significativas en la estiba de los barriles:

- Estiba tradicional tipo español (tresbolillo). Apilamiento hasta 6 toneles. Posición en la estiba: horizontal.
- Estiba en palets. Apilamiento hasta 4 toneles. Posición en la estiba: vertical.
- Estiba en estantería (rack). Apilamiento hasta 5 toneles. Posición en la estiba: vertical.

La posición de las barricas en la estiba es de relevancia debido a que es necesario medir la merma en forma periódica. En aquellas donde la disposición es horizontal, es posible medir las pérdidas por medición del nivel del líquido, ya que no hay dificultad en retirar el tapón del esquite sin retirar o mover la barrica de su posición del almacenaje., mientras que el apilado vertical no lo permite.

Por otra parte, tanto el apilado tradicional como el paletizado, presentan dificultades para realizar movimiento de los toneles.

Una característica evidente, y común a todas las bodegas, es que la influencia de la radiación solar es determinante sobre la temperatura interior de la misma. El relevamiento estas temperaturas arrojó los siguientes resultados.

- a) La temperatura interior del techo y las paredes con irradiación solar directa puede alcanzar los 65 °C y 45 °C respectivamente.
- b) La temperatura interior del techo y las paredes sin irradiación solar directa puede alcanzar los 45 °C y 26 °C respectivamente.
- c) Se verificó que existe un gradiente vertical de temperaturas que osciló entre 10 °C y 12 °C de diferencia entre el nivel superior del apilamiento y el nivel inferior del mismo. Estos resultados comprobaron la existencia de una estratificación térmica en el interior de las soleras

3.2. Sistemas de medición y registro

3.2.1. Temperatura, humedad relativa y concentración de etanol

Cada sistema cuenta con nueve sensores de temperatura-humedad (modelo DHT22). Con esta configuración, es capaz de medir ambas variables en tres sitios diferentes, a tres alturas diferentes en cada sitio. A esto, se le suma un módulo sensor de etanol en aire (tipo electroquímico, modelo MQ3). Además, posee una memoria SD (extraíble) para el almacenamiento de datos, cuya capacidad permite registrar las condiciones ambientales durante más de un año. Tiene también una fuente de alimentación tipo switching, lo que permite conectar el equipo a cualquier tensión cuyo valor esté comprendido entre 100 V y 240 V y con frecuencia de 50 o 60 Hz. cuenta con sistema de respaldo de energía (batería).

Como unidad de control del sistema se emplea una placa Arduino Mega 2560 y se dispone de un reloj de tiempo real. El dispositivo puede conectarse a través de un puerto de comunicaciones USB para su programación, diagnóstico y ajuste de hora.

A continuación, se muestra el diagrama en bloques de cada uno de los sistemas construidos (Fig. 2.) y fotografías de los mismos (Fig.3., Fig. 4., Fig. 5. y Fig. 6.).

CARACTERIZACIÓN DE MERMAS EN SOLERA EN LA PRODUCCIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS

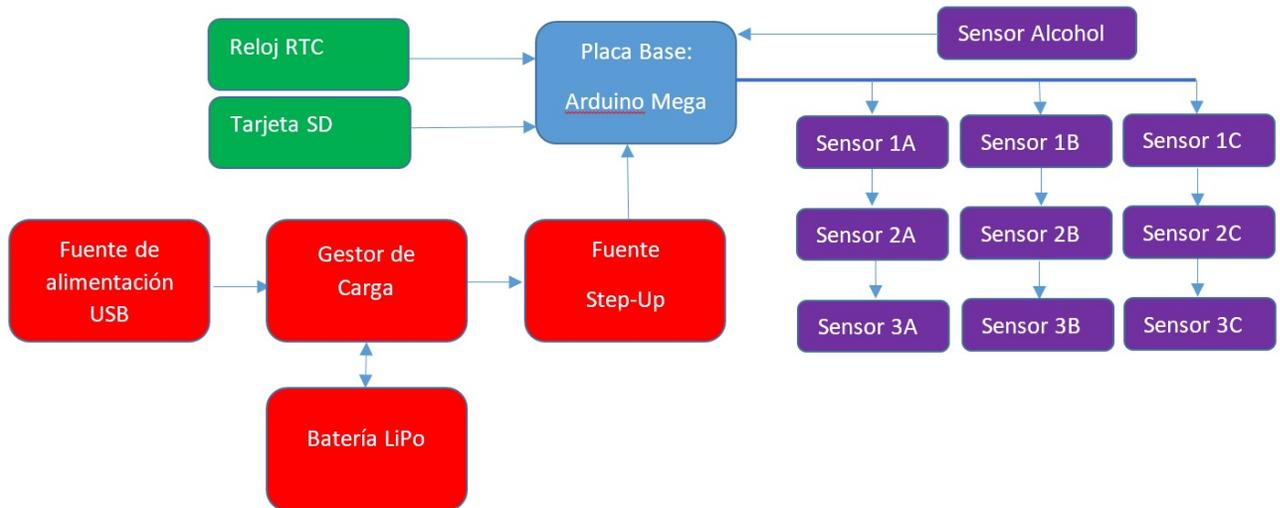


Fig. 2. Diagrama en bloques del dispositivo utilizado para medición y registro de temperatura, humedad y concentración de etanol en el ambiente de la solera.



Fig. 3. Equipos construidos. Fig. 4. Detalle sensor de alcohol y memoria SD.



Fig. 5. Detalle de sensor de temperatura y HR%. Fig. 6. Fácil montaje de los sensores.

3.2.1. Medición de nivel de líquido en tonel

Del análisis de las condiciones de añejamiento del ron en las soleras, surge la necesidad de desarrollar distintos dispositivos que permitan la medición, no invasiva, del nivel del líquido en los toneles.

La búsqueda de métodos que permitan determinar efectivamente el nivel de ron dentro de las barricas sin entrar en contacto con el líquido arrojó los siguientes resultados:

- A. Ultrasonido (1): Se emplea un sensor de distancia ultrasónico (modelo HC-SR04) que se coloca en el esquive, midiendo la distancia entre la superficie del líquido y el nivel máximo que este podría alcanzar. Ventajas: Fácil implementación, bajo costo. Desventajas: Se limita a estibaje horizontal con acceso al esquive, es necesario una corrección en función de la capacidad máxima de cada contenedor, ya que, debido a su construcción artesanal, cada barril posee una capacidad máxima particular. Este sistema ha sido desarrollado.
- B. Ultrasonido (2): Aplicación de ultrasonido de forma externa para determinar el nivel de líquido. Ventaja: apto para ser empleado independientemente del método de estibaje.

Desventaja: Es más costoso que el sistema A, requiere una corrección por capacidad individual del recipiente. Este sistema no ha sido desarrollado.

- C. Variación de presión por inyección de aire: Se inyecta un volumen de aire conocido al barril y, por medio de un transductor de presión, se mide la diferencia entre la presión existente antes de la introducción del aire y la existente luego de la misma. Por ley de Boyle Mariotte, a temperatura constante, la variación de presión es proporcional a la variación del volumen del aire inyectado. Este método puede ser muy preciso y, como el dispositivo indica el volumen de aire dentro del recipiente, permite cuantificar el volumen de la merma en forma directa. No obstante, si se desea determinar la cantidad de líquido remanente, requiere una corrección por capacidad individual del recipiente. otra desventaja es que se limita a estibaje horizontal con acceso al esquite. Este sistema ha sido desarrollado a nivel prototipo (Fig.7.).



Fig. 7. Prueba de prototipo del equipo de medición de volumen de la merma por variación de presión

4. Conclusiones

Los sistemas y dispositivos construidos no solo permiten efectuar experiencias similares a la de Bertozzi (2016) pero realizando las mediciones de temperatura y humedad en tres niveles de altura de apilamiento, sino que también brindan la posibilidad de estudiar posibles gradientes térmicos en otras direcciones.

Los nuevos instrumentos pueden ser utilizados en la industria vitivinícola y, en particular, la medición de concentración de alcohol etílico en el aire, amplía las posibilidades de realizar estudios hacia áreas distintas de la de los alimentos, como por ejemplo higiene y seguridad laboral o salud.

A partir de ahora, se prevé la evaluación de la merma en la producción de ron en forma rápida y el uso de técnicas de medición no invasivas permitirá garantizar la inocuidad del producto.

5. Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección General de Cooperación Internacional. Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto de la República Argentina que financió este trabajo mediante el proyecto *Gestión sustentable de soleras para el aseguramiento de la calidad y productividad del ron cubano*. Proyecto FO.AR. Fondo Argentino de Cooperación Sur-Sur y Triangular. 2018 – 2019. Responsables: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) e Instituto Cubano de Investigación de Derivados de la Caña, ICIDCA (Cuba).

También realizaron aportes a este trabajo:

- Secretaría de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de Córdoba. PID Consolidar 2018-2021 *Análisis, diseño y desarrollo sostenible para la valorización, diferenciación y mejoramiento de la calidad de productos agroalimentarios típicos del Valle de Calamuchita*. Anexo I, Res. SECyT 455-18 (instrumentos de medición de parámetros físicos en bodegas).
- LIADE (Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo) - Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales - Universidad Nacional de Córdoba (construcción de instrumentos de medición de parámetros físicos en bodegas).

6. Referencias bibliográficas

- Bertozzi, J D; Vanella, O R; Bruni, R G; Blanco Carbajal, I.; Faillaci, S M and Giordano, J E. (2016). Estudio de la merma en la producción de ron durante su añejamiento en relación a condiciones ambientales de la solera. CICTA-13. XIII Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos. La Habana, Cuba.
- Diez, Oscar A., Salazar, Romina A., & Cárdenas, Gerónimo J. (2013). Experiencia de producción piloto de ron en Tucumán, R. Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 90(1), pp 25-36. Consultado el 03 de marzo de 2016 en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30182013000100003&lng=es&tlng=es].
- Gaceta (2013). Reglamento sobre la Denominación de Origen Protegida "CUBA" para ron, así como la creación de su consejo regulador. Resolución N° 343 de 2013 del Ministerio de la Producción Alimenticia de la República de Cuba. *Gaceta Oficial No. 051, Ordinaria de 14 de octubre de 2013*, La Habana, Cuba, pp 1631-1638.
- Hall, A.; Lamb, D.W.; Holzapfel, B. and Louis, J. (2002). Optical remote sensing applications in viticulture a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Vol. (8), pp 36-47.
- Marcano, J. E. (2016). El Ron: envejecimiento u añejamiento. Consultado el 07 de marzo de 2016 en [<http://www.jmarcano.com/mipais/economia/ron4.html>].

Sobre los autores

- Rodrigo Bruni: Director Escuela de Electrónica. FCEFyN. UNC. e-mail: rodrigo.gabriel.bruni@unc.edu.ar
- Oscar Vanella: Director Departamento de Electrónica. FCEFyN. UNC. e-mail: ovanella@unc.edu.ar.
- Silvina Faillaci: Directora Centro de Vinculación BIO-Gestión. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA). FCEFyN. UNC. e-mail: silvinafaillaci@gmail.com
- Idania Blanco Carvajal: Jefa de Producción de Bodegas VIGIA - CERALBE- ICIDCA. e-mail: idania.blanco@icidca.azcuba.cu
- Arlyn Reyes Linares: Jefa del CERALBE- ICIDCA e-mail: arlyn.reyes@icidca.azcuba.cu
- Jesus Eduardo Giordano: Cátedra de Gestión de Empresas. Docente-Investigador ICTA. FCEFyN. UNC. e-mail: jesus.e.giordano@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)