

## **ALIFE: Caracterización térmica de la fermentación del café**

Jiménez-Ariza, Tatiana<sup>1</sup>; Meneses, Beatriz<sup>2</sup>; García, Javier<sup>3</sup>  
Tutores: Correa-Hernando, Eva<sup>1,4</sup>; Díaz- Barcos, Virginia<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Rural. E.T.S.I.Agrónomos .U.P.M.*

<sup>2</sup>*SUPRACAFE, S.A. Madrid.*

<sup>3</sup>*LTAS-CENIM-CSIC. Instituto de investigaciones metalúrgicas. Madrid. España.*

<sup>4</sup>*Departamento de Ciencia y Tecnología aplicadas a la I.T.A. E.U.I.T.Agrícola. U.P.M.  
Correo electrónico (AUTOR/ES): [tatiana.jimenez@upm.es](mailto:tatiana.jimenez@upm.es)*

### **RESUMEN**

La fermentación del café es una de las operaciones críticas en el proceso de beneficiado por su impacto en la calidad organoléptica del producto final. De forma general la mayor parte de las explotaciones carecen de tecnificación alguna del fermentador, no teniendo el operario ninguna información objetiva sobre la evolución de los parámetros físico-químicos de control del proceso que le ayuden a la toma de decisión. El objetivo de este trabajo es la integración multi-distribuida de sensores de bajo coste y alta fiabilidad para supervisión de la operación de fermentación del café en origen. Concretamente se ha centrado en la caracterización térmica del proceso de fermentación, mediante la instalación multidistribuida de sensores inalámbricos de temperatura (TurboTag ®) en fermentadores de café en Colombia. El análisis: temporal de la evolución de la temperatura a lo largo del proceso de fermentación y complejo mediante diagrama de fases o de cinética de la evolución de las temperaturas, permiten en este trabajo caracterizar térmicamente fermentadores industriales y prototipos plásticos. Se ha constatado la alta heterogeneidad de las fermentaciones tanto intra-lote (amplitudes térmicas de hasta 8.5 °C y temperaturas en algunos puntos de los fermentadores de 17 °C) como inter-lote en fermentaciones sujetas a condiciones exógenas y endógenas muy variables.

**Palabras clave: 3. RFID, control de procesos, diagramas de fase**

### **INTRODUCCION**

La fermentación del café es una de las etapas críticas de su proceso de obtención ya que fermentaciones prolongadas, incompletas o mal controladas producen defectos sensoriales (Woelore, 1993; Peñuela Martínez et al., 2010).

De manera general, el proceso de fermentación del café se lleva a cabo en las explotaciones de manera empírica, dándose una elevada heterogeneidad, incluso entre fincas próximas, en cuanto al tipo de fermentadores (forma, tamaño, materiales constructivos), tiempos de fermentación y otros parámetros de control del proceso. Las fermentaciones tienen una duración entre 15 y 20 horas en función principalmente de las condiciones ambientales reinantes en cada momento. En general en las explotaciones


cafeteras no existe instrumentación o tecnificación alguna del fermentador, careciendo el operario de información objetiva que le aporte información útil para conducir la fermentación de manera adecuada. Según muestran distintos trabajos, las principales variables de control del proceso de fermentación son la temperatura y pH (Van Pee y Castelein, 1972; Avallone et al., 2001; Masoud y Jespesen, 2006; Peñuela Martínez et al., 2010), pudiendo ser utilizadas para predecir el tiempo en el que la fermentación es completada.




El objetivo de este trabajo es la integración multi-distribuida de sensores de bajo coste y alta fiabilidad para supervisión de la operación de fermentación del café en origen. Concretamente se ha centrado en la caracterización térmica del proceso de fermentación, mediante la instalación multidistribuida de sensores inalámbricos de temperatura (TurboTag ®) en fermentadores de café en Colombia. El análisis: temporal de la evolución de la temperatura a lo largo del proceso de fermentación, y complejo mediante diagrama de fases o de cinética de la evolución de las temperaturas, permiten en este trabajo caracterizar térmicamente fermentadores industriales y prototipos plásticos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los meses de mayo y octubre se llevaron a cabo cuatro procesos de fermentación controlada en la Finca Los Naranjos (Popayán, Colombia), perteneciente a la empresa SUPRACAFE. S.A., colaborador activo del presente trabajo de investigación. Las fermentaciones se llevaron a cabo en fermentadores de material plástico y material de obra; además en el primer tipo se ensayó la influencia de su ubicación externa o interna resguardado por una edificación (Tabla 1). Las variables medidas a lo largo del proceso de fermentación fueron temperatura, pH y conductividad eléctrica, empleando respectivamente tarjetas TurboTag T700 con un rango de operación de -20 a +70°C y memoria interna para 700 datos y sensores potenciométricos selectivos a iones acoplados a un sistema de adquisición de datos en tiempo real.

**Tabla 1. Características de las fermentaciones realizadas en Colombia**

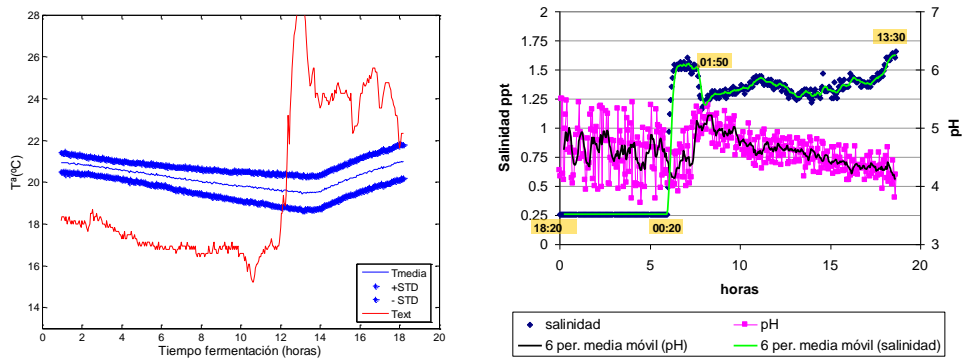
Experimentos	Tipo de fermentador	Ubicación	Duración de la fermentación	Inóculo	Instrumentación
Fermentador industrial Mayo 2011 230 kg de grano en baba		Exterior (bajo cubierta)	18.65	1 litro	21 tarjetas turbo tag envasadas al vacío para el control multidistribuido de la Tª de fermentación. Sensores potenciométricos de pH y conductividad eléctrica

Experimentos	Tipo de fermentador	Ubicación	Duración de la fermentación	Inóculo	Instrumentación
Fermentador industrial octubre 2011 151 kg grano en baba		Exterior (bajo cubierta)	17.5 h	no	24 tarjetas turbo tag envasadas al vacío para el control multidistribuido de la Tª de fermentación. Sensores potenciométricos de pH y conductividad eléctrica
Fermentador industrial octubre 2011 337 kg grano en baba		Exterior (bajo cubierta)	18.2 h	5 litros	24 tarjetas turbo tag envasadas al vacío para el control multidistribuido de la Tª de fermentación. Sensores potenciométricos de pH y conductividad eléctrica
Fermentador industrial octubre 2011 276 kg grano en baba		Interior	16.8 h	no	25 tarjetas turbo tag envasadas al vacío para el control multidistribuido de la Tª de fermentación. Sensores potenciométricos de pH y conductividad eléctrica

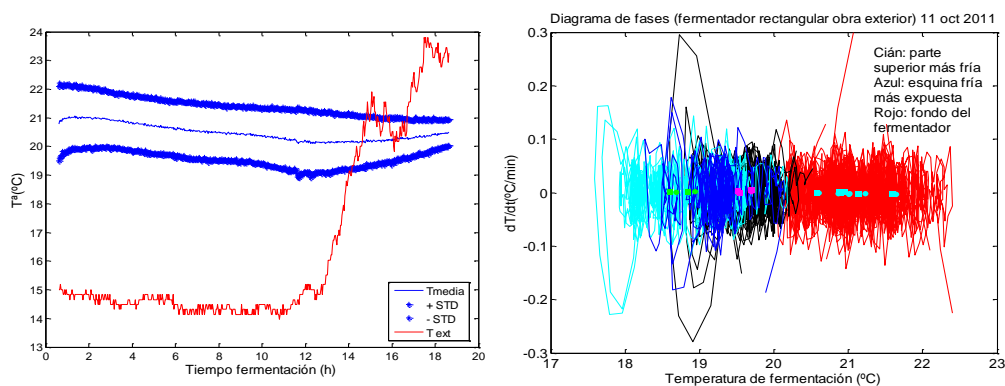
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las diferentes características de la materia prima en cada día de ensayo (variedades, producción, madurez) y condiciones climáticas externas, determinan que las fermentaciones experimentales realizadas sean extremadamente variables. Sin embargo, todas estas fuentes de variación son las que de forma rutinaria caracterizan las fermentaciones industriales reales realizadas en un beneficiadero, lo que permite afirmar que no hay dos fermentaciones iguales y que por lo tanto no hay dos lotes de cafés reproducibles en calidad, lo que es una de las principales preocupaciones de los cafeteros. La fermentación se inicia una vez finalizada la recolección y el despulpado en torno a las 5 de la tarde, lo que en Colombia significa inicio del periodo nocturno de bajada de temperaturas. Los fermentadores normalmente ubicados en el exterior y sin aislamiento van experimentando un descenso en la temperatura de fermentación durante todo el periodo nocturno ( $\cong 12$  h), remontando las temperaturas con el inicio del día (ver Figura 1). El inicio del proceso de liquefacción de la pulpa y la consiguiente aparición de agua libre es claramente identificado por el sensor de conductividad eléctrica (ver Figura 1). La temperatura media de las fermentaciones está en torno a los 20°C, aunque se registran amplitudes térmicas dentro del fermentador de hasta 8.5 °C y temperaturas tan bajas en algunos puntos de 17 °C, lo que indica que dentro de un mismo fermentador hay distintas velocidades de fermentación que redundarán en la heterogeneidad del producto dentro de un mismo lote de café. Los diagramas de fase que representan la cinética de la variación de la temperatura permiten zonificar térmicamente el fermentador (ver Figura 2) y caracterizar su aptitud fermentativa.

**Figura 1. Resultado de una fermentación en fermentador plástico. Evolución temporal (izquierda) de las temperaturas y (derecha) del pH y salinidad.**



**Figura 2. Resultado de una fermentación en fermentador de obra. Evolución temporal (zquierda) de las temperaturas y (derecha) diagrama de fases.**



## CONCLUSIONES

El análisis complejo de los datos mediante diagramas de fase nos va a permitir por un lado zonificar y clasificar por su aptitud fermentativa los fermentadores fabricados en distintos materiales y por otro comparar con gran facilidad fermentaciones realizadas en distintos tiempos y lugares debido a su carácter cíclico. La elevada heterogeneidad constatada en las fermentaciones tanto intra-lote como inter-lote hace imprescindible proponer cambios en las características constructivas de estos equipos (aislamientos) y su tecnificación mediante sensores de pH, temperatura y conductividad eléctrica que ayuden a la toma de decisiones por parte del operador.

## AGRADECIMIENTOS

Por su colaboración y ayuda a Pilar Barreiro y José Ignacio Robla y por el apoyo económico a los proyectos nacional SMART-QC, UPM ALI-PID-30 y a la empresa SUPRACAFE.

## BIBLIOGRAFÍA

- Woelore, W.M. (1993). Association Scientifique Internationale Du Café (edited by ASIC). Pp. 727±733. 15th International Scientific Colloquium on Coffee.
- Peñuela- Martínez, A.E; Oliveros-ascón, C.E; Sanz- Uribe, J.R. (2010). *Cenicafé*, 61 (2), 159-173.
- Van Pee W, Castelein JM (1972). *Journal of Food Science*, 37, 171–174.
- Avallone, S., Guyot, B., Brillouet, J.-M., Olguin, E., Guiraud, J.-P. (2001). *Current Microbiology*, 42, 252-256.
- Masoud, W., Jespersen, L. (2006).. *International Journal of Food Microbiology*, 110 , 291-296.