

# **Establecimiento de una curva de acidificación del yogur Zamorano**

**Ana María Gonzales Berrios**

**Honduras**  
Diciembre, 2006

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

# **Establecimiento de una curva de acidificación del yogur Zamorano**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Agroindustria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Ana María Gonzales Berrios**

**Honduras**  
Diciembre, 2006

La autora concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Ana María Gonzales Berrios

Honduras  
Diciembre, 2006

**Establecimiento de una curva de acidificación del yogur  
Zamorano**

presentado por:

Ana María Gonzales Berrios

Aprobada:

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Director  
Carrera de Agroindustria

---

Wilfredo Domínguez, M.Sc.  
Asesor

---

George Pilz, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto es dedicado a Dios quien me ayudó en cada paso hasta llegar a este lugar, me dio la inteligencia y sabiduría para enfrentar cada uno de los retos a lo largo del camino.

A mi madre por brindarme su apoyo incondicional y animarme a seguir cada día adelante a pesar de las dificultades.

A mis hermanas por su apoyo constante y sus palabras de aliento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser mi aliento cada mañana, mi fuente de sabiduría a lo largo del camino y apoyo incondicional.

A mi madre, por su confianza, apoyo, comprensión y sus grandes sacrificios para que alcanzara mis sueños, te amo.

A mis hermanas por su ayuda incondicional y toda su confianza.

A la familia Rodríguez por todas sus oraciones y muestras de cariño, los extrañaré siempre.

A todos mis amigos y hermanos del grupo cristiano Rompiendo Fronteras.

A mis amigos de la EAP por apoyarme en estos cuatro años y por sus muestras de aprecio.

A mis asesores, Dr. Luis Fernando Osorio e Ing. Wilfredo Domínguez por todos los conocimientos y apoyo brindado durante la elaboración de este trabajo.

A los trabajadores de la planta de lácteos, Zamorano, por toda su ayuda.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A la Fundación Nippon por apoyar a mi país y a mi al hacer posible un sueño al financiar mis estudios en Zamorano.

## RESUMEN

Gonzales, A. 2006. Establecimiento de una curva de acidificación del yogur Zamorano. Proyecto de graduación del programa de ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 32 p.

El yogur es la leche fermentada por cepas bacterianas de *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Por medio del proceso de fermentación se desarrolla la acidez del yogur y otras sustancias que le dan las características a este producto. La acidez es uno de los atributos más importantes en la calidad del mismo donde se busca obtener un valor de 0.9 – 1.2 % ATECAL. Actualmente la planta procesadora de lácteos de Zamorano no cuenta con un método que le ayude a determinar la acidez que el producto llega a alcanzar bajo ciertas condiciones de temperatura. El objetivo de este estudio fue establecer una curva de acidificación en la cual se relacionó la acidez del yogur con el tiempo de incubación y se determinó el efecto de la temperatura sobre la acidificación. Se tomó como variable independiente el tiempo (0,1, 2, 2.5, 4.5, 7.5,9.5, 11.5, 13.5, 15.5 y 17.5 horas después de la inoculación) y la covariable fue la temperatura. La ecuación de regresión:  $y = 0.96 + 0.034 t - 0.015 T$  con un  $R^2 = 0.8875$ . Los datos poseen una correlación alta positiva con respecto al tiempo de inoculación (0.93506). Se determinó que la temperatura ejerce efecto sobre la acidificación, teniendo una correlación alta negativa (-0.93045). La validación de la ecuación se llevó a cabo tomando datos a lo largo del procesamiento de 10 tandas de yogur. Se compararon los valores observados con los pronosticados de las muestras. El análisis fue verificada con una prueba t, indicando que no existe diferencia significativa entre los valores pronosticados y observados ( $P < 0.05$ ).

Palabras clave: ATECAL, bacterias ácido lácticas, incubación, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*.

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Autoría .....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos .....	v
Agradecimientos a patrocinadores .....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
<b>1 REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>1</b>
1.1 DEFINICIÓN DE YOGUR.....	1
1.2 BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS .....	1
1.3 FERMENTACIÓN .....	2
1.4 REDUCCIÓN DE TEMPERATURA .....	3
1.5 PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA ACIDIFICACIÓN.....	4
<b>2 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>6</b>
3.1 MATERIALES Y EQUIPO.....	6
3.1.1 Materiales.....	6
3.1.2 Equipo.....	6
3.1.3 Material de laboratorio.....	6
3.2 METODOLOGÍA.....	7
3.2.1 Datos .....	7
3.2.2 Mediciones durante el análisis .....	9
3.2.2.1 Temperatura .....	9
3.2.2.2 Acidez .....	9
3.2.2.3 Tiempo.....	10
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	10

<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	11
4.1	DESARROLLO DE LA ECUACIÓN.....	11
4.2	VERIFICACIÓN .....	12
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	15
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	16
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	17
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

1.	Simbiosis bacteriana .....	1
2.	Producción de ácido láctico durante la fermentación láctica.....	3
3.	Diagrama para el desarrollo de la curva de acidificación .....	8
4.	Diagrama para la elaboración del cultivo madre .....	9
5.	Relación del tiempo de incubación de las bacterias ácido lácticas con la temperatura y la formación de acidez durante el tiempo de incubación.....	11
6.	Comparación de la curva observada con la pronosticada por la ecuación.....	13
7.	Límites superior e inferior de la curva pronosticada por la ecuación.....	13
8.	Límites superior e inferior de la curva observada.....	14

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **Anexo**

1.	Formato de toma de datos.....	20
----	-------------------------------	----

# 1. REVISIÓN DE LITERATURA

## 1.1 DEFINICIÓN DE YOGUR

La definición de yogur según el Código de Regulaciones Federales (2001) es “Yogur es la fermentación de crema, leche o leche desnatada con *Lb. bulgaricus* y *S. thermophilus*, hasta alcanzar 0.9% de ácido láctico que puede ser sometido a un tratamiento térmico después de fermentar para destruir organismos viables y para ampliar su vida útil”.

Para que una leche fermentada sea considerada yogur los microorganismos contenidos en el producto final deben estar viables y presentes en una cantidad de al menos  $10^7$  colonias por gramo o mililitro. La cantidad de ácido láctico no debe ser inferior a 0.7% en el momento de la venta al consumidor” (Mateos, 2005).

## 1.2 BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS

Según Mateos (2005), el cultivo para el yogur debe aportar a la leche las bacterias ácido lácticas que son responsables del proceso de acidificación. La fermentación del yogur se debe al trabajo de dos microorganismos *Streptococcus* y *Lactobacillus*, que se desarrollan en simbiosis.

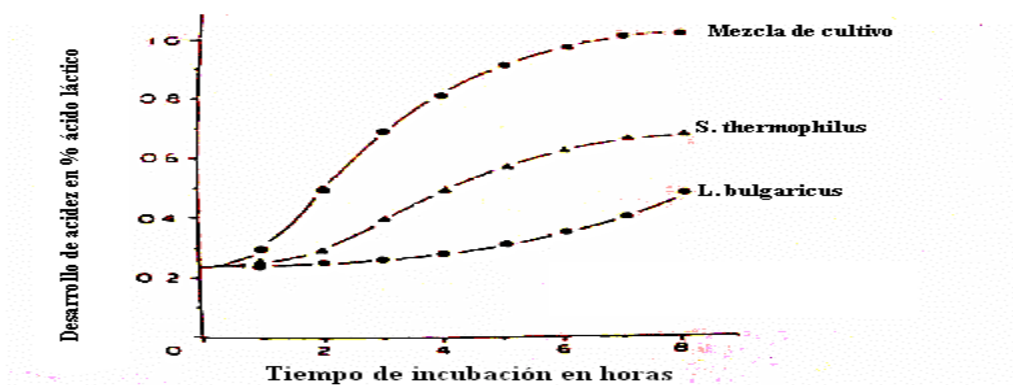


Figura 1. Simbiosis bacteriana (Mateos, 2005).

Tanto el *Streptococcus* como el *Lactobacillus* pertenecen al grupo de las bacterias lácticas homofermentativas, es decir solo forman indicios de otras sustancias como diacetilos, acetaldehído, etc. junto con ácido láctico que representa del 90 al 97% de la lactosa fermentada. El método de control del cultivo es muy importante en la manufactura del yogur y es por esta razón que el cultivo madre debe ser mantenido en óptimas condiciones antes de ser inoculado a la leche (Mateos, 2005).

El pH óptimo de desarrollo del *S. thermophilus* es de 6.8 y del *Lb. bulgaricus* es 6.0; los primeros alcanzan en una acidez entre 0.85 a 0.95%, mientras que los últimos llegan a una acidez de 1.20 a 1.50% (Mateos, 2005).

### 1.3 FERMENTACIÓN

Según UPC (1998), la fermentación o acidificación esta formada por dos fases: Siembra e incubación. La siembra consiste en la inoculación de las bacterias específicas del yogur, *Lb. bulgaricus* y *S. thermophilus*.

Para evitar problemas de un aporte excesivo de ácido láctico y de leche cuajada e inclusive una acidificación demasiado rápida la cantidad de siembra debe ser de 0.5-1% hasta 5-7 % considerando la vitalidad de los cultivos y recordando que para tener una acidificación uniforme la mezcla de las bacterias en la leche debe ser uniforme (UPC,1998).

Según Mahaut et al. (2004), “La fase de incubación corresponde al desarrollo de la acidez del yogur y depende de dos factores: la temperatura y el tiempo. La temperatura debe elegirse próxima a la temperatura óptima de desarrollo del *S. thermophilus*, es decir entre los 42 - 45°C (durante 2 horas 30 minutos), más que a una temperatura próxima a la óptima del *Lb. bulgaricus*, 47-50°C ya que es preferible que los *Streptococcus* inicien la fermentación, por otro lado una temperatura entre 42- 45°C asegura una simbiosis óptima. El objetivo de esta fase es alcanzar un 0.9 % ácido láctico o pH 4.6”.

Si la leche esta libre de inhibidores, la actividad de microorganismos esta determinada principalmente por la temperatura de incubación y la cantidad de inóculo agregado. Mientras mayor sea la diferencia con la temperatura óptima y menor sea la cantidad de inóculo agregado mayor será el tiempo de fermentación (Mundo helado, 2006).

La evolución de los equilibrios de las poblaciones varía en función de las condiciones del cultivo (pH y temperatura), pero al final de la fermentación, casi siempre predominan los *streptococcus* (Mundo helado, 2006).

Según UPC (1998), la fermentación se puede llevar a cabo a temperatura constante o a temperatura decreciente. En el segundo caso después de un cierto tiempo de incubación se detiene el aporte de calor para que la temperatura vaya descendiendo progresivamente.

Se debe enfriar el producto para terminar el desarrollo de acidez. Se recomienda enfriarlo a 22-24°C ya que a esa temperatura se inhibe el desarrollo de las bacterias (Mundo helado, 2006).

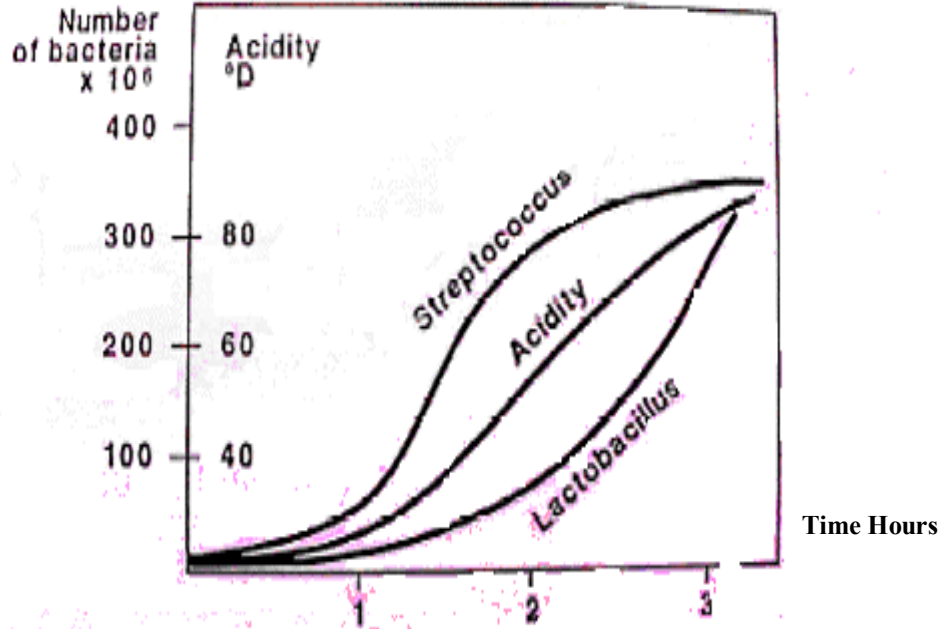


Figura 2. Producción de ácido láctico durante la fermentación láctica (Mateos, 2005).  
 $^{\circ}\text{D} = 1 \text{ mg. de ácido láctico en } 10 \text{ cm}^3 \text{ de leche.}$

En el estudio realizado por Deal et al. en 1999, se determinó que tanto la acidez como la viscosidad del yogur son controladas por la asociación de las sepas utilizadas para la fermentación y por las condiciones experimentales; a su vez la acidificación es significativamente influenciada por la temperatura de incubación, mientras más alta sea ésta, menor será el tiempo necesario para alcanzar la tasa de acidificación máxima es decir que un yogur fermentado entre  $43 - 45^{\circ}\text{C}$  acidificará más rápido que el sometido a una incubación entre  $35$  y  $38^{\circ}\text{C}$ .

#### 1.4 REDUCCIÓN DE TEMPERATURA

Según Tamime y Robinson (1985), la producción de yogur es un proceso biológico, el método de congelación es el más utilizado para controlar la actividad metabólica de los cultivos utilizados para la acidificación.

Por medio de la transferencia de calor el producto debe bajar de  $30 - 45^{\circ}\text{C}$  a menos de  $10^{\circ}\text{C}$ , dicho proceso debe hacerse en el menor tiempo posible para poder controlar la acidez final del producto.

## **1.5 PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA ACIDIFICACIÓN**

Según Mahaut et al. (2004), algunos de los defectos en aspecto y textura relacionados con la acidez son:

- Decantación y sinéresis, que generalmente se deben a una mala fermentación (sobre-acidificación o post-acidificación), como consecuencia de una temperatura demasiado elevada o una refrigeración excesivamente larga.
- Falta de firmeza se produce cuando la proporción de inóculo es muy baja o debido a condiciones de incubación inadecuadas por tiempo y/o temperatura insuficientes.
- Textura arenosa, que puede deberse a muchos factores: extracto seco demasiado alto, tratamiento térmico muy fuerte, homogeneización a temperatura excesivamente elevada, acidificación irregular y también a un batido incorrecto.

Según Mahaut et al. (2004), los problemas por alta acidez en el producto se dan por fallas en el control de la fermentación o por dosis demasiado elevada, una incubación muy larga o muy baja temperatura, por muy lento o poco tiempo de enfriamiento.

## 2. INTRODUCCIÓN

Según Bylund (1996), el yogur es la leche fermentada en forma natural; a escala industrial se realiza añadiendo a la leche una dosis del 3-4% de una combinación de dos cepas bacterianas: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Estos microorganismos se encargan de convertir la lactosa en ácido láctico así también de la formación de otras sustancias como ácido acético, diacetilo, acetaldehído y otras responsables de sabores y aromas reconocidos en el yogur.

Actualmente la planta de Lácteos de Zamorano manufactura 800 litros de yogur batido semanales los cuales son distribuidos en diferentes supermercados de Tegucigalpa, San Pedro Sula y puesto de ventas Zamorano donde se tiene una alta demanda ya que existe un mercado amplio dispuesto a consumir este tipo de productos (Chandi, 2004).

Según Chandi (2004), la principal característica para el cliente en la determinación de la calidad de un yogur es el sabor del mismo, característica que a su vez está relacionada con la acidez del producto.

Se ha observado que la calidad del producto es muy variada en cuanto a consistencia, textura y acidez debido a un pH bajo (menor a 4.8), tratamiento térmico, homogeneización inadecuada así como también por cultivos mal seleccionados, temperaturas de incubación inadecuadas y mal manejo de almacenamiento siendo las principales causas el método de incubación y enfriamiento (Martinez, 2004).

En vista de que el yogur es un producto de consumo masivo es necesario establecer herramientas que ayuden a determinar estándares para el control de acidez durante el proceso que garanticen que el producto final cumplirá con las especificaciones requeridas por el consumidor.

El objetivo general de este estudio fue establecer una curva de acidificación y los objetivos específicos fueron determinar el efecto de la temperatura y el tiempo sobre el proceso de acidificación.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES Y EQUIPO

Los materiales y equipos utilizados para el desarrollo de este proyecto fueron los siguientes:

##### 3.1.1 Materiales

- Leche pasteurizada entera, homogeneizada y estandarizada al 2.5 %
- Leche en polvo
- Azúcar
- Estabilizador para yogur
- Sorbato de potasio
- Cultivo Láctico: YC- 180 Chr. Hansen® Yo-Flex

Cultivo termófilo propagado: *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*  
*Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*

##### 3.1.2 Equipo

- Termómetro, Marca Oakton, modelo 35639
- Mezclador de Sólidos, Division of connell rice and sugar Co., Icn Modelo 07- 091
- Balanzas precisión 0.01g
- Homogenizador, Marca Gaulyn, modelo 3TPS M3400
- Pasteurizador por tandas ( 200 L de capacidad), con su respectivo agitador Dairy apparatus and supplies, Marcathe creamy package MFG Company
- Yogos
- Agitador manual
- Vasos plásticos
- Baño maría

##### 3.1.3 Material de laboratorio.

- Hidróxido de Sodio 0,1N
- Matraz
- Fenolftaleina 1%
- Pipetas

## 3.2 METODOLOGÍA

Se evaluó la acidificación del yogur mediante pruebas de Acidez Titulable en Forma de Ácido Láctico (ATECAL) a través de todo el proceso de acidificación.

### 3.2.1 Datos

Se tomaron aleatoriamente las muestras de yogur a ser evaluadas. Tomando en cuenta que dentro de la misma tina de baño María los yogos son sometidos a diferentes condiciones de temperatura. El procedimiento utilizado para la realización de la curva de acidificación se explica en la Figura 3 y se detalla a continuación:

1. Precalentar a 32°C.
2. Mezclado de ingredientes sólidos con la leche entera.
3. Pasteurizado de leche en el pasteurizador por tandas a 85°C por 30 minutos.
4. Homogeneizar la leche a 1800 lb/plg<sup>2</sup> de presión.
5. Enfriar la leche a través del enfriador por placas, depositándolo en yogos de 40 litros a 32°C de temperatura aproximadamente.
6. Atemperar en el baño María hasta 43°C.
7. Inocular 200 ml del cultivo madre. Realización del cultivo madre detallado en la Figura 4.
8. Incubar a 45°C, controlar la temperatura constantemente. La primera etapa de toma de datos se realizó midiendo la acidez y temperatura en la primera y segunda hora después de la inoculación. Se realizó una tercera medición a dos horas y media después de iniciada la incubación hasta que la acidez alcanzara 0.37 – 0.40 ATECAL.
9. Trasladar los yogos a la cámara fría 6 -11 °C. Segunda etapa de toma de datos, medir la temperatura y tomar una muestra del producto para medir la acidez del mismo cada 2 horas durante 14 horas.
10. Adición de preservante Sorbato de Potasio (60 g/100 Kg. producto) mezclándolo en todo el producto.
11. Envasado.

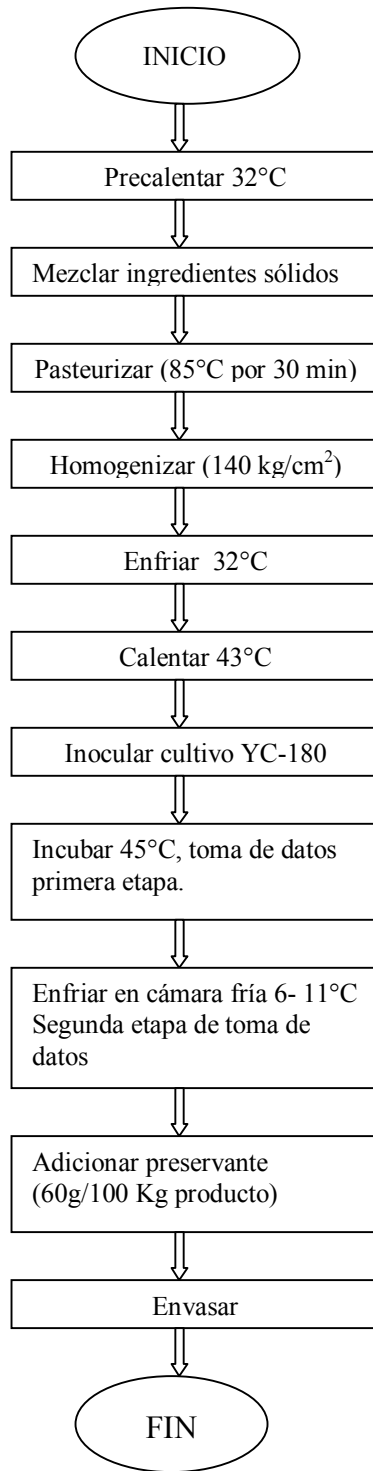


Figura 3. Diagrama para el desarrollo de la curva de acidificación.

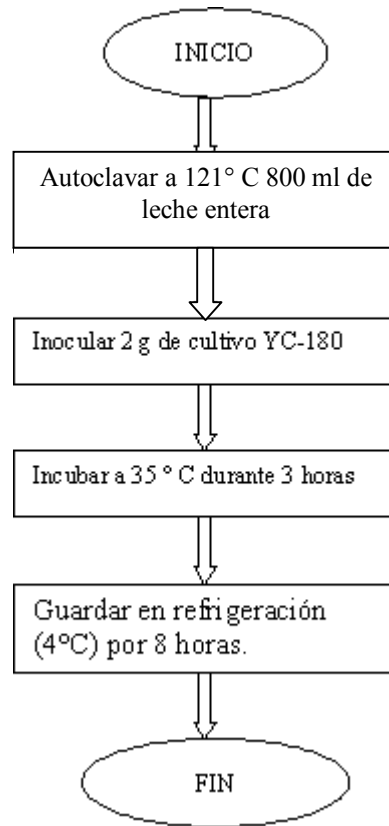


Figura 4. Diagrama para la elaboración del cultivo madre.

### 3.2.2 Mediciones durante el análisis

A lo largo del estudio se desarrollaron mediciones de temperatura, acidez y tiempo.

**3.2.2.1 Temperatura.** Para el desarrollo de la curva de acidificación el control de la temperatura jugó un papel determinante. Durante la etapa de incubación a 45°C fue necesario mantener un control constante de la temperatura con ayuda del termómetro láser.

En el periodo de enfriamiento en cámara fría de 6 – 11°C, se tomó la temperatura del producto cada 2 horas durante 14 horas.

**3.2.2.2 Acidez.** Las muestras para la medición de la acidez fueron tomadas durante la primera y segunda hora de iniciado el proceso de incubación a 45°C y una tercera medición después de 2 horas y media de iniciado el proceso.

Así mismo se midió la acidez durante el periodo de enfriamiento en cámara fría cada 2 horas durante 14 horas.

Para la determinación de la acidez se siguió el método descrito por Revilla (2000), titulando con Hidróxido de Sodio 0.1N y utilizando Fenolftaleína como indicador, expresando el resultado en equivalentes de ácido láctico.

El procedimiento se detalla a continuación:

1. Pesar nueve gramos de muestra en un recipiente plástico de fondo blanco.
2. Añadir dos gotas de Fenolftaleína.
3. Titular la muestra con Hidróxido de Sodio, gota por gota, mezclando hasta observar un color rosado pálido.
4. Tomar la lectura de acidez directamente del instrumento de titulación, restando el valor inicial del valor final.

**3.2.2.3 Tiempo.** Las medidas se hicieron tomando el tiempo como constante para esto se establecieron tiempos de muestreo estándares para todas las repeticiones. El tiempo fue controlado con un reloj convencional.

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se estableció una curva de regresión de la acidificación del yogur mediante la evaluación del efecto de la temperatura y el tiempo en la acidez del producto.

Para la obtención de datos confiables se hicieron 10 repeticiones, tomando como unidad experimental 40 litros de leche, obteniendo un total de 400 litros analizados.

Las medidas fueron realizadas siguiendo los tiempos definidos: 0, 1, 2, 2.5, 4.5, 7.5, 9.5, 11.5, 13.5, 15.5 y 17.5 horas después de inocular con 0.5 % del cultivo madre YC-180 de Chr. Hansen® (*S. bulgaricus* y *Lb. Thermophilus*), equivalentes a  $10^7$ -  $10^9$  colonias por gramo.

Las variables analizadas para la curva de acidificación fueron: El tiempo como variable independiente, la acidez (ATECAL) como variable dependiente y la temperatura como covariable.

Se esperó obtener una ecuación de la siguiente forma:

$$Y = b_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 \quad (1)$$

Se analizaron los datos mediante una prueba t para observar si existen diferencias significativas entre el valor pronosticado y el real, utilizando un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

Para la verificación de la curva se determinaron los límites superiores e inferiores tanto de los datos reales como los pronosticados para observar el comportamiento de dichas curvas y verificar su ajuste.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DESARROLLO DE LA ECUACIÓN

Con el propósito de establecer la curva de acidificación para la determinación de la acidez del yogur en el transcurso del proceso se tomaron una serie de datos tomando en cuenta el tiempo, la temperatura y determinando la acidez expresada como porcentaje de ácido láctico.

Utilizando los datos se logró obtener la curva de acidificación formada por las tres variables evaluadas.

Durante 2.5 horas la temperatura se conservó entre 41.4 – 46.4°C. El enfriamiento se realizó en la cámara fría a una temperatura entre 6 – 11°C.

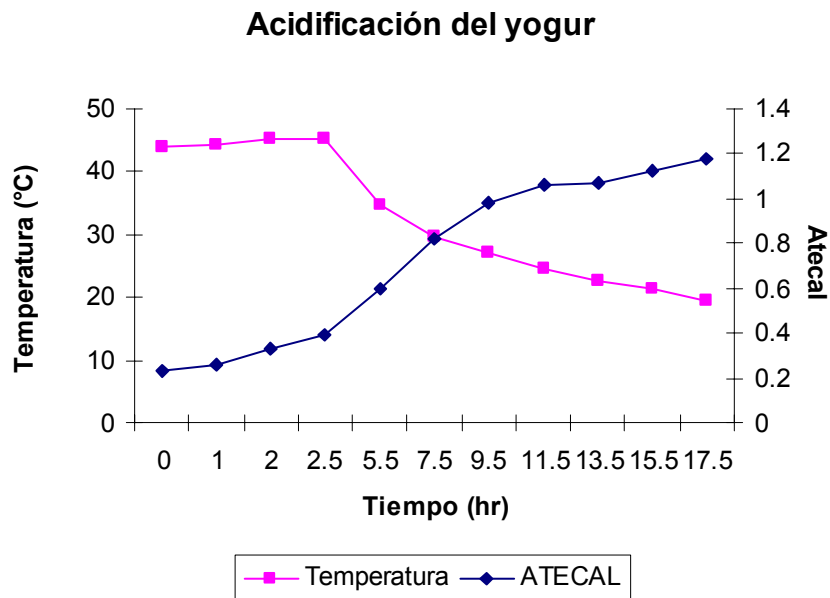


Figura 5. Relación del tiempo de incubación de las bacterias ácido lácticas con la temperatura y la formación de acidez durante el tiempo de incubación.

De acuerdo con el análisis existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de incubación y la acidificación del producto, los datos muestran un coeficiente de correlación de pearson de 0.93506 indicando que existe una correlación alta positiva; es decir que a mayor tiempo de incubación mayor acidez alcanzará el producto pudiendo llegar a valores mayores a 1.27 % ATECAL.

Por otro lado se observó que la covariable, temperatura, tiene efecto sobre la acidificación del yogur siendo el coeficiente de correlación de pearson igual a -0.9305, indicando que la temperatura tiene una correlación alta negativa con respecto a la acidez del producto.

Se estableció la curva de acidificación tomando en cuenta los valores de tiempo, temperatura y acidez (ATECAL) obteniéndose una ecuación de regresión con  $R^2 = 0.8875$ , esto indica que los datos tienen un alto ajuste al análisis realizado permitiendo predecir la acidez a partir de los valores de tiempo y temperatura cuando el proceso se realiza bajo las mismas condiciones que el presente estudio. La ecuación de regresión obtenida es:

$$Y = 0.96 + 0.034 X - 0.015 X_1 \quad (2)$$

La ecuación muestra a la acidez (Y) como la variable dependiente, el intercepto con un valor de 0.96 y los coeficientes del tiempo  $X = 0.034$  y la temperatura  $X_1 = -0.015$ . El tiempo medido en horas y la temperatura en grados centígrados.

Despejando el tiempo (X) de la ecuación 2, como se muestra en la ecuación 3, se puede determinar el tiempo en horas, requerido para alcanzar una acidez de 0.9 - 1.2 % ATECAL. Durante la etapa de incubación a 43 - 45°C se alcanza 0.39 % ATECAL en promedio a las 2.5 horas de iniciado este proceso.

La ecuación despejada de la ecuación 2, toma en cuenta la temperatura de incubación a la que esté siendo sometido el producto y así se logra obtener un tiempo confiable que permita controlar la acidez del yogur una vez colocado el producto en la cámara fría.

$$X = (Y + 0.015 X_1 - 0.96)/0.034 \quad (3)$$

## 1.2 VERIFICACIÓN

El análisis de la prueba t muestra que no existen diferencias significativas entre el valor pronosticado y el valor experimental ( $P = 0.6760$ ). Este valor comprueba que la ecuación explica el grado de acidez alcanzado en el producto como resultado del tiempo y temperatura de incubación.

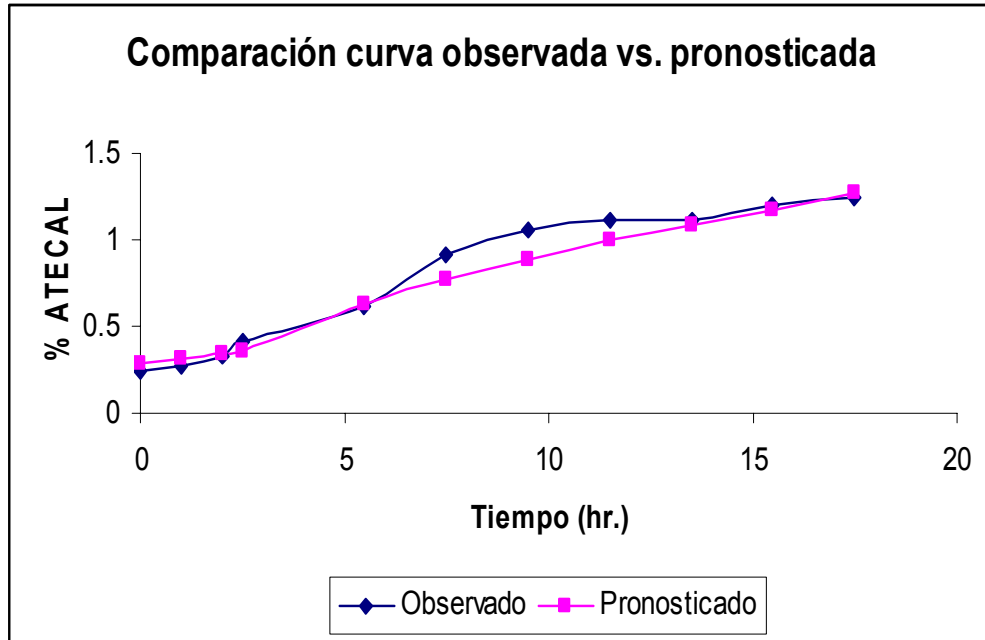


Figura 6. Comparación de la curva observada con la pronosticada por la ecuación.

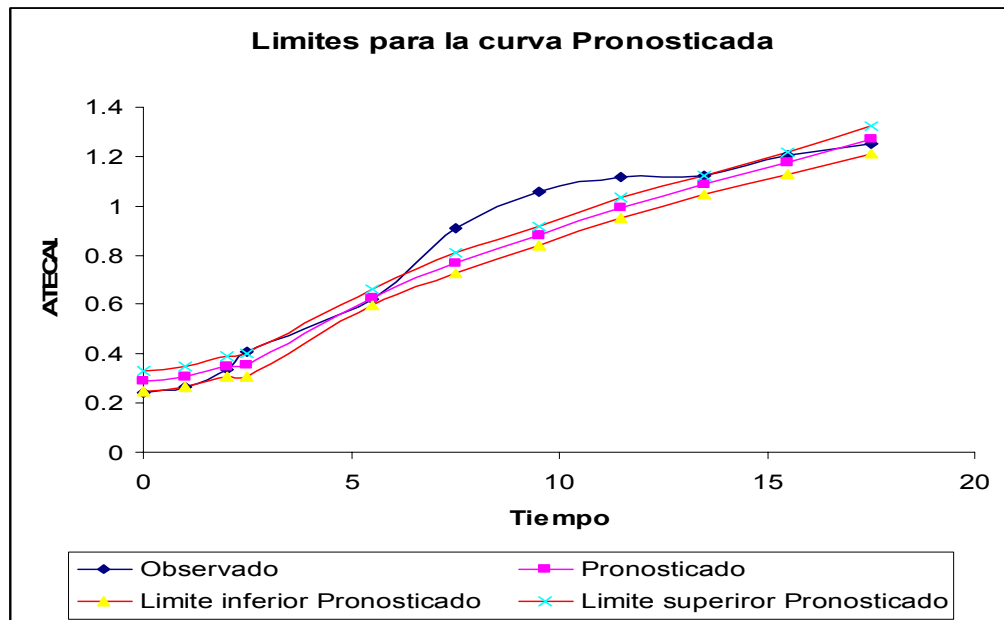


Figura 7. Límites superior e inferior de la curva pronosticada por la ecuación.

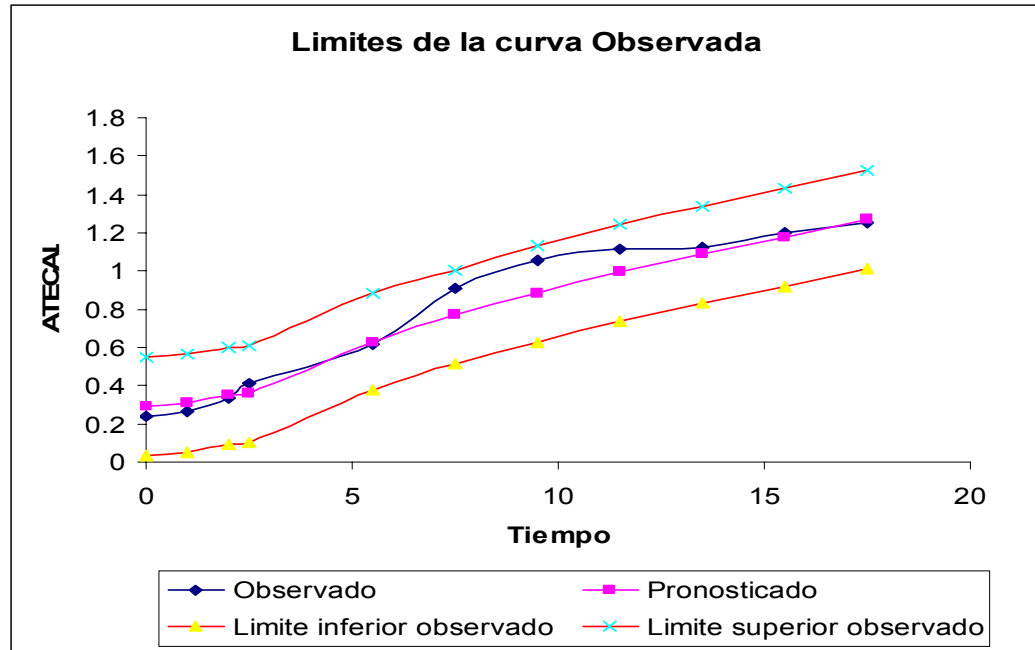


Figura 8. Límites superior e inferior de la curva observada.

La gráfica muestra el alto grado de ajuste que tienen los datos pronosticados con respecto a los valores observados en laboratorio.

Tanto los valores observados como los pronosticados se encuentran centrados respecto a los límites de confianza establecidos.

## 5. CONCLUSIONES

Se obtuvo una ecuación que predice la acidez (Y) alcanzada por el yogur a partir del tiempo (t) y temperatura (T) a la que éste es sometido durante la incubación. La ecuación resultante fue :

$$Y = 0.96 + 0.034 (t) - 0.015 (T).$$

La temperatura como covariable afecta a la acidez del yogur tanto en la primera etapa de incubación en caliente como en la segunda llevada a cabo en la cámara fría.

## **6. RECOMENDACIONES**

Realizar análisis evaluando la acidez del producto a diferentes temperaturas de inoculación e incubación.

Mantener constante y uniforme la temperatura de la tina de baño María.

Controlar el tiempo a partir de la inoculación del cultivo.

Dado que se vio un efecto en la acidificación del yogur marcado por la temperatura de enfriamiento del mismo, se recomienda controlar la temperatura del cuarto frío y de esta forma tener un proceso más estandarizado.

Capacitar al personal de planta en el uso y aplicación de la ecuación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

BYLUND, G. 1996. Manual de Industrias Lácteas. Trad. A. López. Madrid, España. Ediciones Madrid Vicente. 436p.

CHANDI, BS. 2004. Caracterización de la demanda de yogur en los principales supermercados de la ciudad de Tegucigalpa, Francisco Morazón, Honduras. Tesis. Ing. en Agronegocios. Tegucigalpa, Honduras, Zamorano. 41p.

CODEX ALIMENTARIOUS. 2003. Norma del Codex para leches fermentadas (en línea). Consultado en 18 jul 2006. Disponible en: [www.codexalimentarius.net/download/standards/400/CXS\\_243s.htm](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/400/CXS_243s.htm)

CÓDIGO DE REGULACIONES FEDERALES-CRF. 2001. Yogurt (en línea). Consultado en 15 jul. 2006. Disponible en: [http://foodsafety.psu.edu/CYFYogurtInservice\(3-14-01\)/tsld001.htm](http://foodsafety.psu.edu/CYFYogurtInservice(3-14-01)/tsld001.htm)

DEAL et al. 1999. Efectos combinados de las condiciones de los cultivos y del tiempo de almacenaje en la acidificación y viscosidad del yogur batido (En inglés). Journal of Dairy Science 82 (4).

MAHAUT, M *et al.*. 2004. Productos lácteos industriales: Productos fermentados y postres lácteos. Zaragoza, España. Editorial ACRIBIA. 169p.

MARTINEZ, M. 2004. Estandarización de la producción de la mezcla base para yogur batido en la planta de lácteos de Zamorano. Tesis. Ing. en Agroindustria. Tegucigalpa, Honduras, Zamorano. 33p.

MATEOS, J. 2005. Tecnología de la leche fermentada (en línea). Consultado en 15 jul. 2006. Disponible en: <http://www.sabadelluniversitat.org/Cat/SBDUniversitat/documents/JAMateos-S7-p.pdf>

MUNDO HELADO. 2006. Yogur: Siembra del fermento (en línea). Consultado en 4 agt. 2006. Disponible en : <http://www.mundohelado.com/materiasprimas/yogurt/yogurt05>.

REVILLA, A. 2000. Tecnología de la leche. 3a. Ed. Tegucigalpa, Honduras Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras, Centro América. 396 p.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA CATALUÑA (UPC).1998. Yogur (en línea).Consultado en 23 jul. 2006. Disponible en: [http://html.rincondelvago.com/yogur\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/yogur_1.html)

TAMIME, A; ROBINSON, R.1985. Yoghurt science and technology. A.Wheaton .463 p.

## **8. ANEXOS**

