

**Determinación acelerada de la  
vida en anaquel de la  
rosquilla hondureña**

**José Augusto Cordón Orellana**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2007

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Determinación acelerada de la vida en anaquel de la rosquilla hondureña**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**José Augusto Cordón Orellana**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2007

El autor 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.

---

José Augusto Cerdón Orellana

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 2007

# **Determinación acelerada de la vida en anaquel de la rosquilla hondureña**

Presentado por:

José Augusto Cerdón Orellana

Aprobado:

---

Francisco Javier Bueso, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Carrera Agroindustria Alimentaria

---

Julio R. López, M.Sc.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

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

## **DEDICATORIA**

A Dios y la Virgen María por ser la luz en mi vida.

A mis amados padres Augusto Cordón y Aracely Orellana de Cordón.

A mi hermana Deby.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y llevarme en sus brazos cada vez que es necesario.

A la Virgen María por su protección.

A mis padres por ser mi mayor fuente de inspiración, amor y comprensión, por su valiosa formación y apoyo para poder enfrentarme con los retos de la vida. Gracias por haberle pedido a Dios me diera la vida, los amo de una forma inmensurable.

A mi hermana por sus consejos, apoyo, amor, por su amistad y por estar siempre a mi lado en las buenas y las malas.

A los propietarios y personal de la Panificadora Tábora por donar la muestras requeridas para el estudio.

A mis asesores Dr. Javier Bueso e Ing. Julio López, y a los profesores Ing. Edgar Ugarte y Lic. Alejandro Galo por su apoyo.

Al personal del LAAZ, miembros del panel sensorial, y todas las personas que contribuyeron para la realización de este proyecto.

Al Dr. Luis Fernando Osorio por sus consejos, confianza y amistad incondicional.

Al profesorado y miembros en general de la Carrera de Agroindustria Alimentaria por todo su apoyo y conocimientos brindados durante mi formación profesional.

A Rodrigo, Fernando y Diego por su amistad y apoyo incondicional, siempre seremos los '4Ases'.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Agradezco a mis padres por su aporte a mi educación durante estos cuatro años de estudio.

Agradezco al Programa de Becas del Fondo de Desarrollo Económico de la República de China-Centroamérica para Formación de Capital Humano y Fortalecimiento del Desarrollo Socioeconómico Agropecuario de la Región Centroamericana por el financiamiento brindado durante mis cuatro años de estudio.

Agradezco a la Escuela de Agricultura del Nor-Oriente por su apoyo financiero parcial durante mis cuatro años de estudio.

## RESUMEN

Cordón, J. 2007. Determinación acelerada de la vida en anaquel de la rosquilla hondureña. Proyecto de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 60p.

La rosquilla de Honduras es un producto horneado de textura crocante y bajo contenido de humedad elaborado a base de maíz nixtamalizado, queso, mantequilla y huevos. Actualmente el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano tiene alta demanda de estudios de vida en anaquel. El objetivo de este estudio fue determinar la vida en anaquel de las rosquillas de la Panificadora Tábora por medio de un estudio acelerado. Se utilizó un diseño experimental BCA con seis combinaciones de temperatura, humedad relativa e intensidad de luz (6°C 43% 0lx, 25°C 87% 0lx, 27°C 69% 280lx, 39°C 66% 0lx, 44°C 93% 0lx, 47°C 89% 210lx) y tres repeticiones. Las rosquillas fueron empacadas en bolsas de polipropileno metalizado con dimensiones de 3.4 x 11 x 2.5 centímetros y bolsas de cloruro de polivinilo. Cada tratamiento se evaluó a los 0, 7, 15, 30 y 60 días. Se utilizó un panel no entrenado de cinco personas quienes hicieron una prueba de aceptación evaluando aroma, apariencia, textura, sabor, rancidez y apreciación general. Los análisis físicos realizados fueron dureza y color, los químicos fueron actividad de agua, contenido de humedad, valor de ácido tiobarbitúrico (TBA) e índice de peróxidos. Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple y se determinó que la ecuación que estimó la vida en anaquel de las rosquillas en empaque de polipropileno metalizado fue:  $Días = 133.64206 - 1.80324 (Temperatura) - 0.34549 (Humedad\ relativa) + 0.02635 (Intensidad\ de\ luz)$ , ( $R^2=0.8782$ ).

**Palabras clave:** nixtamalización, rancidez oxidativa, regresión.

---

Francisco Javier Bueso, Ph.D.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría .....	ii
Página de firmas .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos .....	v
Agradecimiento a patrocinadores .....	vi
Resumen .....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros .....	xi
Índice de anexos .....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 ANTECEDENTES .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	2
1.3.1 Limitantes .....	2
1.3.2 Alcances.....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 DEFINICIÓN DE PRODUCTOS DE PASTELERÍA Y REPOSTERÍA .....	4
2.1.1 Sector de molinería en Honduras.....	4
2.2 VIDA EN ANAQUEL.....	4
2.2.1 Estudios de vida en anaquel acelerada.....	4
2.2.2 Cambios ocurridos durante la vida en anaquel .....	5
2.2.3 Consideraciones de empaque.....	6
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
3.1 UBICACIÓN .....	7
3.2 MATERIALES .....	7
3.2.1 Rosquillas .....	7
3.2.2 Empaque .....	7
3.2.3 Reactivos.....	7
3.2.4 Equipos y materiales.....	8
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	8
3.4 PREPARACIÓN DE MUESTRAS .....	9

3.5	EVALUACIÓN SENSORIAL .....	9
3.6	ANÁLISIS FÍSICOS .....	10
3.6.1	Dureza.....	10
3.6.2	Color .....	10
3.7	ANÁLISIS QUÍMICOS .....	10
3.7.1	Extracción de aceite .....	10
3.7.2	Actividad de agua .....	10
3.7.3	Contenido de humedad .....	10
3.7.4	Valor ácido tiobarbitúrico (TBA) .....	10
3.7.5	Índice de peróxidos.....	11
3.8	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	11
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>12</b>
4.1	RESUMEN DE RESULTADOS.....	12
4.2	ANÁLISIS SENSORIAL .....	12
4.2.1	Apariencia.....	12
4.2.2	Aroma .....	13
4.2.3	Textura.....	13
4.2.4	Sabor .....	14
4.2.5	Rancidez .....	15
4.2.6	Apreciación general .....	15
4.3	ANÁLISIS FÍSICOS .....	16
4.3.1	Dureza.....	16
4.3.2	Color .....	16
4.4	ANÁLISIS QUÍMICOS .....	18
4.4.1	Actividad de agua .....	18
4.4.2	Contenido de humedad .....	19
4.4.3	Valor ácido tiobarbitúrico (TBA) .....	19
4.4.4	Índice de peróxidos (IP).....	20
4.5	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	21
4.6	DETERMINACIÓN DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES.....	21
4.7	DETERMINACIÓN DE LÍMITES CRÍTICOS.....	22
4.8	DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL.....	23
4.9	DESARROLLO DE LA ECUACIÓN DE PREDICCIÓN DE VIDA EN ANAQUEL .....	24
4.10	COMPARACIÓN ENTRE MATERIALES DE EMPAQUE.....	24
4.10.1	Análisis sensorial.....	24
4.10.2	Análisis físicos.....	26
4.10.3	Análisis químicos.....	27
4.10.4	Análisis microbiológico.....	29
4.10.5	Vida en anaquel .....	29

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>32</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	9
2. Cambios en apariencia de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	13
3. Cambios en aroma de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	13
4. Cambios en textura de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	14
5. Cambios en sabor de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	14
6. Cambios en rancidez de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	15
7. Cambios en apreciación general de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	15
8. Cambios en dureza de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	16
9. Cambios en valor L* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	17
10. Cambios en valor a* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	17
11. Cambios en valor b* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	18
12. Cambios en actividad de agua de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	18
13. Cambios en contenido de humedad de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	19
14. Cambios en valor ácido tiobarbitúrico de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	20
15. Cambios en índice de peróxidos de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	20
16. Crecimiento de mohos y levaduras de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	21
17. Correlación entre atributos sensoriales y propiedades físicas.....	21
18. Correlación entre atributos sensoriales y propiedades químicas.....	22
19. Límites críticos de propiedades físico-químicas y sensoriales.....	23
20. Correlación de variables con el tiempo de evaluación.....	23

21.	Datos obtenidos de vida en anaquel para cada ambiente.....	24
22.	Cambios en apariencia de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	25
23.	Cambios en aroma de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	25
24.	Cambios en textura de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	25
25.	Cambios en sabor de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	25
26.	Cambios en rancidez de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	26
27.	Cambios en apreciación general de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	26
28.	Cambios en dureza de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	26
29.	Cambios en valor L* de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	27
30.	Cambios en valor a* de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	27
31.	Cambios en valor b* de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	27
32.	Cambios en actividad de agua de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.....	28
33.	Cambios en contenido de humedad de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	28
34.	Cambios en valor ácido tiobarbitúrico de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	28
35.	Cambios en índice de peróxidos de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.....	28
36.	Crecimiento de mohos y levaduras de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques .....	29
37.	Comparación de vida en anaquel en dos empaques.....	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Hoja de evaluación sensorial .....	35
2.	Cambios en apariencia de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	36
3.	Cambios en aroma de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	37
4.	Cambios en textura de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	38
5.	Cambios en sabor de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	39
6.	Cambios en rancidez de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	40
7.	Cambios en apreciación general de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado .....	41
8.	Cambios en dureza de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	42
9.	Cambios en valor L* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	43
10.	Cambios en valor a* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	44
11.	Cambios en valor b* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	45
12.	Cambios en actividad de agua de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado .....	46
13.	Cambios en contenido de humedad de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	47
14.	Cambios en valor de ácido tiobarbitúrico de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado .....	48
15.	Cambios en índice de peróxidos de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado .....	49
16.	Crecimiento de mohos y levaduras de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.....	50
17.	Determinación de la vida útil según el contenido de humedad .....	51
18.	Determinación de la vida útil según el índice de peróxidos .....	54

19.	Determinación de vida en anaquel según el índice de peróxidos en dos empaques diferentes.....	57
20.	Ejemplo de cuadro de salida SAS <sup>®</sup> para medidas repetidas en el tiempo del índice de peróxidos.....	58
21.	Ejemplo de cuadro de salida SAS <sup>®</sup> para separación de medias entre tratamientos y entre tiempos para índice de peróxidos.....	59
22.	Cuadro de salida SAS <sup>®</sup> para regresión múltiple.....	60

## 1. INTRODUCCIÓN

La rosquilla hondureña es un producto elaborado a base de harina de maíz nixtamalizado, queso, mantequilla y huevos que definen su sabor característico. Sus condiciones de horneado hacen de este producto crocante y de bajo contenido de humedad.

Según Pedro y Ferreira (2006), los productos industrializados necesitan claramente declarar su vida en anaquel, es decir, el tiempo en el cual sus características se mantienen en niveles aceptables; esto debido a demandas de los consumidores y asuntos legales.

Las compañías de alimentos no pueden permitir esperar largos períodos de tiempo para conocer si el nuevo producto, proceso o empaque provee una adecuada vida en anaquel, razón por la cual fueron desarrollados los estudios acelerados de vida en anaquel.

El objetivo de los estudios acelerados de vida en anaquel es almacenar la combinación final de producto/empaque bajo alguna condición alterada (Labuza, s.f.). Sometiendo el producto a condiciones controladas en donde uno o más factores extrínsecos son mantenidos a un nivel más alto que el normal, las tasas de deterioro serán aceleradas, resultando en una disminución de la vida en anaquel (Robertson, 1992). Según Labuza (s.f.) estos resultados pueden ser utilizados para proyectar la vida en anaquel de un producto bajo condiciones normales mediante regresión.

Actualmente el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) representa un importante recurso para las pequeñas y medianas empresas nacionales e internacionales, ya que ofrece servicios de análisis de alimentos que les permiten exportar sus productos a mercados más prometedores. Esto implica que el LAAZ debe realizar estudios para determinar vida en anaquel, y para hacerlo de una forma más rápida debe desarrollar metodologías de estudios acelerados para reducir el tiempo de espera por parte de las empresas.

Entre los productos frecuentemente evaluados en el LAAZ se encuentran las rosquillas hondureñas que según Carrillo (2000), se caracterizan por formar parte de las recetas tradicionales de la población hondureña y tienen alta demanda entre los inmigrantes centroamericanos en Estados Unidos. Matz (1989), indica que empaques de polietileno, celofán, polipropileno y nylon, son frecuentemente utilizados en la industria de panificación. El objetivo general de este estudio fue determinar la vida en anaquel de las rosquillas empacadas en bolsas de polipropileno metalizado por medio de un estudio acelerado.

## **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En la industria alimentaria, es una norma declarar la vida útil de los productos. Determinar esto es un proceso que puede ser prolongado en productos de larga vida en anaquel. Actualmente el LAAZ tiene amplia demanda de variedad de análisis, esto genera la necesidad de evaluar alternativas para determinar la vida en anaquel de una forma más rápida, lo cual es específico para cada combinación producto-empaque.

Por otra parte, la Empresa Tábora actualmente desea evaluar la vida en anaquel que declara en sus rosquillas, ya que las posibilidades de exportación del producto son altas.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Los estudios de vida en anaquel en Zamorano son específicos para cada condición y producto. Actualmente no se cuenta con estudios acelerados de vida en anaquel para productos de cereales como las rosquillas, abriendo la oportunidad de desarrollarlos.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.3.1 Limitantes**

- No se cuenta con equipo suficiente para crear el número de ambientes necesarios para realizar estudios de éste tipo.
- No hay panelistas entrenados que ayuden a determinar cambios en características sensoriales para las rosquillas.

### **1.3.2 Alcances**

- Desarrollar una ecuación que estime la vida en anaquel de las rosquillas empacadas en bolsas de polipropileno metalizado bajo condiciones aceleradas de deterioro.
- Evaluar dos materiales de empaque, polipropileno metalizado y cloruro de polivinilo, en la vida en anaquel de las rosquillas.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Evaluar la vida en anaquel de la rosquilla hondureña bajo condiciones aceleradas de almacenamiento.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de seis ambientes controlados en los cambios físicos, químicos y sensoriales de las rosquillas.
- Comparar el efecto de dos materiales de empaque en la vida en anaquel de las rosquillas.
- Desarrollar una ecuación que estime la vida en anaquel de las rosquillas empacadas en material de polipropileno metalizado bajo condiciones aceleradas de deterioro.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 DEFINICIÓN DE PRODUCTOS DE PASTELERÍA Y REPOSTERÍA**

Los productos de pastelería y repostería son aquellos productos elaborados con harinas, féculas, azúcares, grasas comestibles y otros productos alimenticios y sustancias complementarias, sometidos o no a fermentación y/o cocción (Madrid *et. al.*, 1994).

Madrid *et al.* (1994), indica que existen dos variantes dentro de los productos de pastelería y repostería: dulce, caracterizada por la inclusión del azúcar en su composición y, salada, en la cual la sal interfiere en la composición de las piezas para conferirles su sabor típico.

#### **2.1.1 Sector de molinería en Honduras**

El mercado de productos de molinería de Honduras alcanzó los US\$ 66,084,096 en el año 2002. El subsector de mayor participación es el de galletas y snacks, con 50 %. (Proexport Colombia, 2005).

### **2.2 VIDA EN ANAQUEL**

La vida en anaquel puede ser definida generalmente como el período de tiempo seguido a la cosecha, producción o manufactura, sobre el cual el alimento mantiene la calidad requerida (Tung *et al.*, 2001). Labuza (s.f.), indica que dicho nivel comestible aceptable desde el punto de vista de seguridad y organoléptica depende de cuatro principales factores, nombrando formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento.

Según Labuza (s.f.), en la práctica existen cinco principales formas de determinar la vida en anaquel de un producto, siendo éstas, valores encontrados en la literatura, devolución en la distribución, prueba de distribución abusada, quejas de consumidores y prueba de vida en anaquel acelerada.

#### **2.2.1 Estudios de vida en anaquel acelerada**

Según Steele *et al.* (2006), los estudios de vida en anaquel acelerada o “Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)” pueden ser utilizados para estimar con aceptable exactitud la vida en anaquel de un producto que de otra forma tomaría un tiempo largo determinar.

El objetivo es almacenar la combinación producto-empaque bajo condiciones abusadas de prueba, examinar el producto periódicamente hasta que ocurra el final de la vida en anaquel y luego usar estos resultados para proyectar la vida en anaquel del producto bajo condiciones reales de distribución (Labuza, s.f.).

### **2.2.1.1 Factores aceleradores**

Kuntz (1996), hace mención a tres principales factores que se utilizan para acelerar las reacciones de degradación en los alimentos. La temperatura puede ser incrementada dentro de ciertos límites por arriba de las condiciones comunes de almacenamiento, siendo los rangos típicos, para productos congelados -6 a 0 °C, para productos refrigerados 7 a 10 °C y 29 a 49 °C para productos almacenados a temperatura ambiente.

La humedad relativa del aire puede ser utilizada para acelerar el deterioro del producto si el empaque permite la entrada de la misma hacia el producto, las condiciones aceleradas dependerán de las condiciones típicas de almacenaje y el contenido de humedad del producto (Kuntz, 1991). Asimismo, el efecto de la luz en el producto puede ser acelerado extendiendo el tiempo o intensidad de exposición, si el empaque es totalmente oscuro, resulta innecesario evaluar el efecto de la luz a menos que se considere el deterioro del empaque como tal (Kuntz, 1991).

### **2.2.2 Cambios ocurridos durante la vida en anaquel**

El deterioro se refiere a procesos químicos o microbiológicos que hacen de un producto no saludable o aún tóxico (Kuntz, 1991). Según Roos (2001), el crecimiento microbiano requiere de un mínimo de actividad de agua ( $A_w$ ), el cual en adición a un óptimo pH, temperatura y otros factores, influyen el crecimiento de microorganismos. Para el caso de levaduras el valor mínimo de  $A_w$  es de 0.62, siendo probablemente 0.86 el valor más importante que define la inocuidad del alimento ya que permite el crecimiento de *Staphylococcus aureus* (Roos, 2001).

Mientras que el deterioro químico y físico limita la vida de anaquel en productos de panadería de baja e intermedia humedad, el deterioro microbiológico es la principal preocupación en productos con alta  $A_w$  (Smith *et al.*, 2004). Roos (2001), indica que existe una dependencia en los cambios de  $A_w$  debido a cambios de temperatura. Esto sugiere que si incrementa la temperatura de almacenaje en un alimento con un contenido de humedad constante, en un empaque sellado, la  $A_w$  también incrementará.

Por otra parte, la oxidación de los componentes lípidos de un alimento, conocida como rancidez oxidativa, es una de las reacciones que deteriora y afecta en forma más importante la calidad de un producto. La rancidez oxidativa es iniciada por radicales libres del oxígeno o por el ataque del oxígeno molecular a radicales libres pre-formados en los ácidos grasos poliinsaturados que forman las grasas y aceites (Valenzuela, 1996).

### **2.2.3 Consideraciones de empaque**

El empaque juega un papel importante manteniendo la calidad y vida en anaquel en el caso de alimentos empacados, sirviendo como parte integral del sistema de preservación empleado (Tung *et al.*, 2001).

Según Matz (1989), el empaque debe cumplir con las características de protección contra contaminantes que están constante o intermitentemente presentes en el ambiente, así como daños físicos, fuerzas y quebraduras.

La mayoría de productos de panadería deben ser protegidos de la ganancia o pérdida de humedad después de ser colocados en su empaque. Si esto no es realizado, productos crujientes pueden volverse suaves rápidamente, y productos suaves pueden volverse duros y de firmeza indeseable (Matz, 1989).

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 UBICACIÓN**

Este estudio fue llevado a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Alimentos, la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID) y el Laboratorio de Microbiología de la Carrera de Agroindustria de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Ubicada en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, a 30 km al Este de Tegucigalpa, Honduras, con una altura de 800 msnm y una temperatura promedio anual de 24 °C.

### **3.2 MATERIALES**

#### **3.2.1 Rosquillas**

- Rosquillas elaboradas por la Panificadora Tábora del municipio de Danlí, El Paraíso, a 92 km de la capital de Tegucigalpa.

#### **3.2.2 Empaque**

- Bolsas de polipropileno metalizado (3.4 x 11 x 2.5 cm) y cloruro de polivinilo (PVC).

#### **3.2.3 Reactivos**

- Éter, 98+%, reactivo A.C.S., por Sigma-Aldrich®.
- Estándares de verificación Aw: 0.250±0.003 LiCl 13.41 molar en H<sub>2</sub>O.
- Ácido 2-tiobarbitúrico C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S 98% mínimo.
- 1-butanol, grado HPLC, por Sigma-Aldrich®.
- Tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 1/10N por J.T. Baker Chemical Co.
- Ácido acético glacial, por Fisher Scientific.
- Cloroformo, 99.8+%, reactivo A.C.S., estabilizado con amilenos, por Sigma-Aldrich®.
- Almidón soluble, reactivo A.C.S., por Aldrich Chemical Company, Inc.
- Yoduro de potasio, cristal compactado, por J.T. Baker Inc.

- Potato Dextrose Agar por Cole-Parmer Instrument.
- Bacto™ Peptone por Becton, Dickinson and Company.

### 3.2.4 Equipos y materiales

- Papel filtro No. 1 por Whatman®
- Condensador KIMAX USA 45/50
- Destilador PYREX USA 45/50
- Balón de ebullición KIMAX USA 24/40 250mL
- Beakers KIMAX USA 50mL
- Erlenmeyers KIMAX USA 250mL
- Probetas 100:1mL
- Tubos de ensayo PYREX USA
- Balones de aforo KIMAX USA 25mL
- Mortero Coors USA 60319
- Filtro Coors USA 60239
- Pipetas volumétricas PYREX USA No. 7100 2mL
- Pipetas graduadas KIMAX-51 USA 5mL en 1/10.
- Pipetas graduadas KIMAX-51 USA 10mL en 1/10.
- Platos Petri.
- Autoclave Sterilmatic por Market Forge Industries Inc.
- Purifier Class II Biosafety Cabinet por Labconco.
- Medidor de fuerza INSTRON modelo 4444 por Instron Corporation.
- Acople 3089 para INSTRON.
- Colorflex Hunter L a b Diffuse Model por The Color Management Company.
- AquaLab modelo Series 3TE por Decagon Devices, Inc.
- Hornilla Vari-Heat Precision por GCA Corporation.
- Hornilla Isotemp por Fisher Scientific.
- Hornilla CORNING modelo PC-620D por Laboratory Stirrer/Hot Plate.
- Balanza analítica OHAUS Adventurer™ por OHAUS Corporation.
- Espectrofotómetro Spectronic 20 por Milton Roy Company.
- Medidor de luz de servicio pesado Modelo 407026 por Extech Instruments
- Incubador Thermolyne modelo Type 42000.
- Fermentador Bread Baking Center modelo EPO-39 por Duke Manufacturing Company.
- Refrigeradora Samsung modelo RT47MASW.
- Germinador Supco TPM-110 por Hoffman Manufacturing Co.
- Isotemp Incubator por Fisher Scientific.

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un BCA (Bloques Completos al Azar) con tres repeticiones con medidas repetidas en el tiempo para analizar el efecto de seis ambientes (Cuadro 1), sobre las

características físicas, químicas y sensoriales de las rosquillas de maíz. Los resultados fueron analizados con la ayuda del programa “Statistical Analysis System” SAS<sup>®</sup> versión 9.1 en español, con una separación de medias Tukey.

Se determinaron correlaciones entre todas las variables analizadas, para lo cual se utilizó el coeficiente de Pearson obtenido mediante la ayuda del programa estadístico SAS<sup>®</sup>

Se realizó una regresión lineal múltiple con la ayuda del programa SAS<sup>®</sup> para calcular la ecuación que relaciona deterioro bajo condiciones aceleradas con deterioro bajo condiciones normales de Zamorano. Cada lote de producción representó una repetición.

### Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Factor	Ambientes controlados					
	TRT 1	TRT 2	TRT 3	TRT 4	TRT 5	TRT 6
Temperatura (°C)	6	25	27	39	44	47
Humedad relativa (%)	43	87	69	66	93	89
Intensidad de luz (lx)	0	0	280	0	0	210

### 3.4 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Se obtuvieron muestras de rosquillas de maíz elaboradas por la Panificadora Tábora del municipio de Danlí, El Paraíso, a 92 km de la capital Tegucigalpa. Las muestras correspondieron a tres lotes producidos en fechas diferentes (11, 19 y 26 de junio del 2007). Éstas fueron empacadas el mismo día de su producción en bolsas de polipropileno metalizado (PP) con dimensiones de 3.4 x 11 x 2.5 cm y bolsas de cloruro de polivinilo (PVC), utilizando una selladora industrial.

### 3.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial se realizó con personal de la Carrera de Agroindustria Alimentaria Zamorano, conformando un panel sensorial no entrenado de cinco panelistas para evaluar seis atributos sensoriales utilizando una escala hedónica de uno a cinco, siendo 1=me disgusta mucho y 5=me gusta mucho. Los atributos evaluados fueron aroma, apariencia, textura, sabor, rancidez y apreciación general.

### **3.6 ANÁLISIS FÍSICOS**

#### **3.6.1 Dureza**

Se determinó la dureza utilizando el aparato INSTRON 4444<sup>®</sup> con acople 3089, el cual está compuesto por varias celdas que entran en contacto con el producto al penetrarlo. Para cada medición se determinó la fuerza máxima de penetración (MaxLoad) y se reportó el promedio de dos lecturas expresado en kilo Newtons (kN).

#### **3.6.2 Color**

El color fue determinado moliendo y homogenizando aproximadamente 10 g de muestra y posteriormente analizando con el aparato ColorFlex Hunter L a b<sup>®</sup>. El color fue descrito en ejes de tres coordenadas. Se reportó el promedio de dos lecturas para los valores L\*, a\* y b\*. El valor L\* representa la claridad, en una escala de 0 a 100, siendo 0 blanco y 100 negro. El valor a\* mide la cantidad de rojo y verde, siendo a(-) verde y a(+) rojo. El valor b\* representa el azul al amarillo, siendo b(-) azul y b(+) amarillo.

### **3.7 ANÁLISIS QUÍMICOS**

#### **3.7.1 Extracción de aceite**

Se realizó extracción de aceite utilizando el método Soxhlet AOAC 963.15 hasta obtener un contenido de aceite mayor a 5 g.

#### **3.7.2 Actividad de agua**

Se determinó utilizando el aparato AquaLab modelo Series 3TE. Dicho aparato fue nivelado utilizando estándares de verificación Aw: 0.250±0.003 LiCl 13.41 molar en H<sub>2</sub>O. Se reportó el promedio de dos lecturas en valor adimensional de Aw.

#### **3.7.3 Contenido de humedad**

Fue determinado utilizando el método del horno a 105°C AOAC 33.7.03 Método 926.08. Se reportó el promedio de dos lecturas en porcentaje de humedad.

#### **3.7.4 Valor ácido tiobarbitúrico (TBA)**

Se determinó utilizando el método AOCS Cd 19-90. Se reportó el promedio de dos lecturas en mg de malonaldehído/kg.

### **3.7.5 Índice de peróxidos**

Se determinó utilizando el método AOCS Cd 8-53 reportando el resultado de una lectura en mEq de peróxidos/kg.

### **3.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Se realizó conteos de mohos y levaduras utilizando la técnica de vertido o “pour plate” en el sembrado, realizando tres diluciones ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) e incubando por 72 horas a 25 °C. El medio utilizado fue “Potato Dextrose Agar (PDA)”. Se reportó el promedio de dos lecturas de la primera dilución multiplicada por el factor de dilución ( $10^1$ ). Los resultados fueron expresados en Log UFC/mg.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 RESUMEN DE RESULTADOS**

Al día cero todas las rosquillas recibieron calificación promedio superior a cuatro para todos los atributos sensoriales, lo cual significó que tuvieron buena aceptación. No se observó ningún indicio de oxidación para tal día, obteniendo cero mili equivalentes de peróxidos por kilogramo y aproximadamente cero miligramos de malonaldehído por kilogramo. Estas rosquillas iniciaron el período de evaluación con un contenido de humedad igual o inferior a 3 %. El conteo inicial de mohos y levaduras fue en promedio 1.6 Log UFC/mg, el cuál no alcanzó el límite permitido durante el período de evaluación (5 Log UFC/mg).

Durante los 60 días de evaluación se observó que la aceptación de las rosquillas disminuyó en todos los atributos sensoriales, sin importar el ambiente al cuál fueron almacenadas. La dureza, actividad de agua, contenido de humedad y la oxidación aumentaron en todos los ambientes evaluados.

Al cabo de 60 días de evaluación se observaron diferencias en oxidación. Temperaturas promedio de almacenaje superior a 40 °C aceleraron el proceso de oxidación en comparación con la temperatura de refrigeración (6 °C). Se observó un aumento significativo en la actividad de agua y el contenido de humedad, siendo mayor en ambientes con temperatura superior a 40 °C.

En ninguna propiedad evaluada pudo determinarse el efecto individual de los factores controlados debido a falta de grados de libertad para realizar un Análisis de Varianza (ANDEVA).

### **4.2 ANÁLISIS SENSORIAL**

#### **4.2.1 Apariencia**

Los panelistas sólo detectaron deterioro significativo de las rosquillas almacenadas en los ambientes con temperatura promedio superior a 40 °C (Cuadro 2). En el Anexo 2 se observan dichos resultados gráficamente.

**Cuadro 2. Cambios en apariencia de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	4.26 <sup>a, A</sup>	4.06 <sup>a, A</sup>	3.80 <sup>a, A</sup>	3.80 <sup>a, A</sup>	3.71 <sup>ab, A</sup>
25°C 87% 0lx	4.26 <sup>a, A</sup>	4.00 <sup>a, A</sup>	3.93 <sup>a, A</sup>	3.80 <sup>a, A</sup>	3.19 <sup>b, A</sup>
27°C 69% 280lx	4.26 <sup>a, A</sup>	4.00 <sup>a, A</sup>	3.80 <sup>a, A</sup>	3.46 <sup>a, A</sup>	3.91 <sup>a, A</sup>
39°C 66% 0lx	4.30 <sup>a, A</sup>	4.20 <sup>a, A</sup>	4.20 <sup>a, A</sup>	3.80 <sup>a, A</sup>	3.49 <sup>ab, A</sup>
44°C 93% 0lx	4.26 <sup>a, A</sup>	4.13 <sup>a, AB</sup>	4.00 <sup>a, AB</sup>	3.26 <sup>a, C</sup>	3.37 <sup>ab, CB</sup>
47°C 89% 210lx	4.27 <sup>a, A</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	2.93 <sup>a, B</sup>	3.23 <sup>ab, AB</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

#### 4.2.2 Aroma

Los panelistas detectaron aroma a rancio en el día 30 en todas las rosquillas almacenadas a temperaturas altas, el cual fue detectado en temperaturas bajas a partir del día 60 (Cuadro 3). Este aroma fue percibido con mayor intensidad en rosquillas almacenadas a temperatura promedio superior a 40 °C. Los resultados se observan de manera gráfica en el Anexo 3.

**Cuadro 3. Cambios en aroma de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	4.33 <sup>a, A</sup>	4.06 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	3.46 <sup>a, AB</sup>	3.31 <sup>a, B</sup>
25°C 87% 0lx	4.33 <sup>a, A</sup>	3.73 <sup>a, A</sup>	3.46 <sup>a, A</sup>	3.13 <sup>a, A</sup>	1.44 <sup>b, B</sup>
27°C 69% 280lx	4.33 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, A</sup>	2.93 <sup>ab, A</sup>	3.31 <sup>a, A</sup>
39°C 66% 0lx	4.35 <sup>a, A</sup>	3.93 <sup>a, AB</sup>	3.80 <sup>a, AB</sup>	3.46 <sup>a, B</sup>	1.64 <sup>b, C</sup>
44°C 93% 0lx	4.33 <sup>a, A</sup>	3.46 <sup>a, AB</sup>	3.53 <sup>a, AB</sup>	2.86 <sup>ab, B</sup>	1.39 <sup>b, C</sup>
47°C 89% 210lx	4.30 <sup>a, A</sup>	3.61 <sup>a, AB</sup>	3.33 <sup>a, AB</sup>	2.26 <sup>b, BC</sup>	1.13 <sup>b, C</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

#### 4.2.3 Textura

La textura de las rosquillas se deterioró sin importar la temperatura de almacenaje (Cuadro 4). Los panelistas detectaron este deterioro significativamente a partir del día 15.

En el día 60 dicho deterioro fue mayor en ambientes con temperatura superior a 40 °C. Gráficamente se puede observar en el Anexo 4.

**Cuadro 4. Cambios en textura de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	4.73 <sup>a, A</sup>	4.13 <sup>a, AB</sup>	3.60 <sup>a, B</sup>	3.53 <sup>a, B</sup>	3.29 <sup>a, B</sup>
25°C 87% 0lx	4.64 <sup>a, A</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	3.26 <sup>a, AB</sup>	3.40 <sup>a, AB</sup>	2.52 <sup>a, B</sup>
27°C 69% 280lx	4.73 <sup>a, A</sup>	3.73 <sup>a, AB</sup>	3.26 <sup>a, B</sup>	3.40 <sup>a, B</sup>	3.02 <sup>a, B</sup>
39°C 66% 0lx	4.63 <sup>a, A</sup>	4.00 <sup>a, AB</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	2.82 <sup>a, B</sup>
44°C 93% 0lx	4.73 <sup>a, A</sup>	3.73 <sup>a, AB</sup>	3.06 <sup>a, BC</sup>	1.93 <sup>b, CD</sup>	1.06 <sup>b, D</sup>
47°C 89% 210lx	4.73 <sup>a, A</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	3.40 <sup>a, AB</sup>	2.40 <sup>ab, BC</sup>	1.06 <sup>b, C</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

#### 4.2.4 Sabor

La aceptación del sabor de las rosquillas disminuyó significativamente, sin importar la temperatura de almacenaje (Cuadro 5). No se observó una tendencia, los panelistas no diferenciaron el sabor a rancio en temperaturas altas, intermedias y bajas. Los resultados se observan de manera gráfica en el Anexo 5.

**Cuadro 5. Cambios en sabor de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	4.26 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	3.40 <sup>a, B</sup>	3.13 <sup>a, B</sup>	3.16 <sup>a, B</sup>
25°C 87% 0lx	4.20 <sup>a, A</sup>	3.73 <sup>a, AB</sup>	3.40 <sup>a, AB</sup>	3.06 <sup>a, B</sup>	1.56 <sup>b, C</sup>
27°C 69% 280lx	4.26 <sup>a, A</sup>	3.60 <sup>a, AB</sup>	3.33 <sup>a, AB</sup>	3.26 <sup>a, AB</sup>	2.77 <sup>a, B</sup>
39°C 66% 0lx	4.15 <sup>a, A</sup>	3.93 <sup>a, AB</sup>	3.53 <sup>a, B</sup>	3.46 <sup>a, B</sup>	1.69 <sup>b, C</sup>
44°C 93% 0lx	4.26 <sup>a, A</sup>	3.73 <sup>a, A</sup>	3.20 <sup>a, A</sup>	1.66 <sup>b, B</sup>	1.06 <sup>b, B</sup>
47°C 89% 210lx	4.29 <sup>a, A</sup>	3.33 <sup>a, A</sup>	3.26 <sup>a, A</sup>	1.46 <sup>b, B</sup>	1.06 <sup>b, B</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

#### 4.2.5 Rancidez

El nivel de rancidez incrementó para todas las rosquillas sin importar sus condiciones de almacenaje (Cuadro 6). En el día 60 los panelistas detectaron mayor rancidez en ambientes con temperatura promedio superior a 40 °C. Esto se puede observar gráficamente en el Anexo 6.

**Cuadro 6. Cambios en rancidez de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	4.53 <sup>a, A</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	3.80 <sup>a, AB</sup>	3.13 <sup>ab, B</sup>	3.11 <sup>a, B</sup>
25°C 87% 0lx	4.56 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, B</sup>	3.66 <sup>a, B</sup>	2.86 <sup>ab, B</sup>	1.51 <sup>c, C</sup>
27°C 69% 280lx	4.53 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	3.53 <sup>a, AB</sup>	3.20 <sup>ab, B</sup>	2.69 <sup>b, B</sup>
39°C 66% 0lx	4.53 <sup>a, A</sup>	4.13 <sup>a, AB</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	3.33 <sup>a, B</sup>	1.69 <sup>c, C</sup>
44°C 93% 0lx	4.53 <sup>a, A</sup>	3.86 <sup>a, A</sup>	3.60 <sup>a, A</sup>	1.93 <sup>cb, B</sup>	1.13 <sup>d, B</sup>
47°C 89% 210lx	4.55 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, A</sup>	3.20 <sup>a, A</sup>	1.26 <sup>c, B</sup>	1.00 <sup>d, B</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

#### 4.2.6 Apreciación general

La apreciación general de las rosquillas disminuyó a través del tiempo sin importar su temperatura de almacenaje (Cuadro 7). A partir del día 30 los panelistas detectaron mayor deterioro en rosquillas almacenadas a temperaturas altas. Estos resultados se observan gráficamente en el Anexo 7.

**Cuadro 7. Cambios en apreciación general de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	4.13 <sup>a, A</sup>	3.86 <sup>a, AB</sup>	3.46 <sup>a, AB</sup>	3.00 <sup>a, B</sup>	3.02 <sup>a, B</sup>
25°C 87% 0lx	4.13 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	3.46 <sup>a, AB</sup>	3.00 <sup>a, B</sup>	1.49 <sup>b, C</sup>
27°C 69% 280lx	4.13 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, AB</sup>	3.26 <sup>a, AB</sup>	3.00 <sup>a, AB</sup>	2.65 <sup>a, B</sup>
39°C 66% 0lx	4.15 <sup>a, A</sup>	3.93 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, A</sup>	3.46 <sup>a, A</sup>	1.69 <sup>b, B</sup>
44°C 93% 0lx	4.13 <sup>a, A</sup>	3.60 <sup>a, A</sup>	3.13 <sup>a, A</sup>	1.66 <sup>b, B</sup>	1.20 <sup>b, B</sup>
47°C 89% 210lx	4.16 <sup>a, A</sup>	3.40 <sup>a, A</sup>	3.20 <sup>a, A</sup>	1.46 <sup>b, B</sup>	1.00 <sup>b, B</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

### 4.3 ANÁLISIS FÍSICOS

#### 4.3.1 Dureza

La dureza de las rosquillas sólo se incrementó en temperaturas de almacenaje superior a 25 °C (Cuadro 8). En el día 60 la dureza fue significativamente mayor en rosquillas almacenadas en temperatura promedio superior a 40 °C. Esto puede ser observado gráficamente en el Anexo 8.

**Cuadro 8. Cambios en dureza de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0 (kN)	7 (kN)	15 (kN)	30 (kN)	60 (kN)
6°C 43% 0lx	1.04 <sup>a, A</sup>	1.16 <sup>a, A</sup>	1.07 <sup>a, A</sup>	1.17 <sup>ab, A</sup>	1.19 <sup>b, A</sup>
25°C 87% 0lx	1.04 <sup>a, B</sup>	1.08 <sup>a, AB</sup>	1.14 <sup>a, AB</sup>	1.17 <sup>ab, AB</sup>	1.28 <sup>b, A</sup>
27°C 69% 280lx	1.04 <sup>a, A</sup>	1.13 <sup>a, A</sup>	1.11 <sup>a, A</sup>	1.10 <sup>b, A</sup>	1.15 <sup>b, A</sup>
39°C 66% 0lx	1.04 <sup>a, B</sup>	1.05 <sup>a, B</sup>	1.12 <sup>a, B</sup>	1.15 <sup>ab, AB</sup>	1.32 <sup>b, A</sup>
44°C 93% 0lx	1.04 <sup>a, B</sup>	1.14 <sup>a, B</sup>	1.38 <sup>a, AB</sup>	1.72 <sup>a, A</sup>	1.92 <sup>a, A</sup>
47°C 89% 210lx	1.04 <sup>a, C</sup>	1.17 <sup>a, C</sup>	1.28 <sup>a, BC</sup>	1.65 <sup>ab, AB</sup>	1.97 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

#### 4.3.2 Color

No se observó diferencias significativas en el valor  $L^*$  de las rosquillas (Cuadro 9). Para el valor  $a^*$  se observó diferencias significativas entre ambientes para el día 30, sin embargo, comparando el día 15 y el día 60 no fueron significativamente diferentes, por lo que se asume una variación que no dependió ni de las condiciones de almacenamiento ni del tiempo (Cuadro 10). Los cambios en valor  $b^*$  del color no fueron significativos (Cuadro 11).

**Cuadro 9. Cambios en valor L\* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	67.2 <sup>a, A</sup>	66.57 <sup>a, A</sup>	67.50 <sup>a, A</sup>	66.18 <sup>a, A</sup>	67.19 <sup>a, A</sup>
25°C 87% 0lx	67.28 <sup>a, A</sup>	65.03 <sup>a, A</sup>	67.16 <sup>a, A</sup>	66.05 <sup>a, A</sup>	68.72 <sup>a, A</sup>
27°C 69% 280lx	67.28 <sup>a, A</sup>	65.24 <sup>a, A</sup>	66.43 <sup>a, A</sup>	65.82 <sup>a, A</sup>	67.36 <sup>a, A</sup>
39°C 66% 0lx	67.28 <sup>a, A</sup>	65.64 <sup>a, A</sup>	66.67 <sup>a, A</sup>	66.72 <sup>a, A</sup>	69.16 <sup>a, A</sup>
44°C 93% 0lx	67.28 <sup>a, A</sup>	66.54 <sup>a, A</sup>	68.04 <sup>a, A</sup>	67.59 <sup>a, A</sup>	67.49 <sup>a, A</sup>
47°C 89% 210lx	67.28 <sup>a, A</sup>	66.50 <sup>a, A</sup>	68.27 <sup>a, A</sup>	67.14 <sup>a, A</sup>	65.15 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Eje "L" representa claridad de 0 (blanco) a 100 (negro).

**Cuadro 10. Cambios en valor a\* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0W	12.00 <sup>a, A</sup>	11.49 <sup>a, A</sup>	11.99 <sup>a, A</sup>	11.79 <sup>a, A</sup>	11.41 <sup>a, A</sup>
25°C 87% 0W	12.00 <sup>a, A</sup>	12.64 <sup>a, A</sup>	10.61 <sup>a, A</sup>	11.69 <sup>a, A</sup>	9.59 <sup>a, A</sup>
27°C 69% 1370W	12.00 <sup>a, A</sup>	12.41 <sup>a, A</sup>	12.41 <sup>a, A</sup>	11.62 <sup>ab, A</sup>	10.33 <sup>a, A</sup>
39°C 66% 0W	12.00 <sup>a, A</sup>	12.13 <sup>a, A</sup>	11.33 <sup>a, A</sup>	10.99 <sup>c, A</sup>	9.22 <sup>a, A</sup>
44°C 93% 0W	12.00 <sup>a, A</sup>	11.16 <sup>a, A</sup>	11.38 <sup>a, A</sup>	10.04 <sup>c, A</sup>	9.74 <sup>a, A</sup>
47°C 89% 160W	12.00 <sup>a, A</sup>	11.12 <sup>a, A</sup>	10.88 <sup>a, A</sup>	10.22 <sup>c, A</sup>	11.20 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Eje "a" representa rojo (+) y verde (-).

**Cuadro 11. Cambios en valor b\* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	38.87 <sup>a, A</sup>	37.85 <sup>a, A</sup>	38.42 <sup>a, A</sup>	37.91 <sup>b, A</sup>	37.81 <sup>ab, A</sup>
25°C 87% 0lx	38.87 <sup>a, A</sup>	38.84 <sup>a, A</sup>	37.06 <sup>a, A</sup>	38.48 <sup>ab, A</sup>	36.41 <sup>b, A</sup>
27°C 69% 280lx	38.87 <sup>a, A</sup>	38.55 <sup>a, A</sup>	39.06 <sup>a, A</sup>	38.15 <sup>b, A</sup>	37.66 <sup>ab, A</sup>
39°C 66% 0lx	38.87 <sup>a, A</sup>	38.67 <sup>a, A</sup>	38.36 <sup>a, A</sup>	38.45 <sup>ab, A</sup>	37.20 <sup>ab, A</sup>
44°C 93% 0lx	38.87 <sup>a, A</sup>	38.41 <sup>a, A</sup>	39.15 <sup>a, A</sup>	38.65 <sup>ab, A</sup>	38.11 <sup>ab, A</sup>
47°C 89% 210lx	38.87 <sup>a, A</sup>	38.55 <sup>a, A</sup>	39.33 <sup>a, A</sup>	39.27 <sup>a, A</sup>	38.37 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Eje "b" representa amarillo (+) y azul (-).

## 4.4 ANÁLISIS QUÍMICOS

### 4.4.1 Actividad de agua

La actividad de agua sólo aumentó en las rosquillas almacenadas a temperatura superior a 25 °C (Cuadro 12). Las rosquillas almacenadas a temperatura promedio superior a 40 °C tuvieron mayor incremento significativo en actividad de agua en comparación con las almacenadas a temperaturas bajas e intermedias. Estos resultados se observan gráficamente en el Anexo 12.

**Cuadro 12. Cambios en actividad de agua de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	0.16 <sup>a, A</sup>	0.23 <sup>a, A</sup>	0.21 <sup>b, A</sup>	0.22 <sup>b, A</sup>	0.23 <sup>d, A</sup>
25°C 87% 0lx	0.16 <sup>a, C</sup>	0.24 <sup>a, BC</sup>	0.29 <sup>ab, AB</sup>	0.34 <sup>b, A</sup>	0.35 <sup>b, A</sup>
27°C 69% 280lx	0.16 <sup>a, B</sup>	0.30 <sup>a, A</sup>	0.21 <sup>b, AB</sup>	0.27 <sup>b, A</sup>	0.28 <sup>cd, A</sup>
39°C 66% 0lx	0.16 <sup>a, C</sup>	0.23 <sup>a, BC</sup>	0.27 <sup>ab, AB</sup>	0.28 <sup>b, AB</sup>	0.33 <sup>bc, A</sup>
44°C 93% 0lx	0.16 <sup>a, C</sup>	0.25 <sup>a, B</sup>	0.32 <sup>ab, B</sup>	0.48 <sup>a, A</sup>	0.54 <sup>a, A</sup>
47°C 89% 210lx	0.16 <sup>a, C</sup>	0.28 <sup>a, BC</sup>	0.34 <sup>a, B</sup>	0.48 <sup>a, A</sup>	0.54 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

#### 4.4.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad de las rosquillas se incrementó significativamente en todas las temperaturas de almacenaje a excepción del ambiente en refrigeración (6 °C). Se observó que dicho aumento fue mayor al cabo de 60 días en temperaturas promedio superior a 40 °C (Cuadro 13). Los resultados discutidos se observan gráficamente en el Anexo 13.

**Cuadro 13. Cambios en contenido de humedad de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0 (%)	7 (%)	15 (%)	30 (%)	60 (%)
6°C 43% 0lx	3.13 <sup>a, A</sup>	3.59 <sup>a, A</sup>	4.09 <sup>b, A</sup>	3.80 <sup>c, A</sup>	4.85 <sup>bc, A</sup>
25°C 87% 0lx	3.13 <sup>a, C</sup>	3.07 <sup>a, C</sup>	3.40 <sup>b, C</sup>	4.14 <sup>c, B</sup>	5.05 <sup>bc, A</sup>
27°C 69% 280lx	3.13 <sup>a, C</sup>	3.69 <sup>a, B</sup>	3.94 <sup>b, B</sup>	4.14 <sup>c, B</sup>	4.59 <sup>c, A</sup>
39°C 66% 0lx	3.13 <sup>a, C</sup>	3.33 <sup>a, BC</sup>	3.62 <sup>b, BC</sup>	4.36 <sup>bc, B</sup>	5.98 <sup>b, A</sup>
44°C 93% 0lx	3.13 <sup>a, C</sup>	3.66 <sup>a, C</sup>	4.36 <sup>b, BC</sup>	5.57 <sup>ab, B</sup>	7.44 <sup>a, A</sup>
47°C 89% 210lx	3.13 <sup>a, C</sup>	3.52 <sup>a, C</sup>	5.94 <sup>a, B</sup>	6.01 <sup>a, B</sup>	8.69 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

#### 4.4.3 Valor ácido tiobarbitúrico (TBA)

Se observó un aumento significativo en el valor de TBA en todos los ambientes con temperaturas promedio superior a 25 °C (Cuadro 14). Al final de la evaluación se observó mayor producción de malonaldehído como subproducto de la rancidez en rosquillas almacenadas a temperatura superior a 45 °C. Esto se puede observar gráficamente en el Anexo 14.

**Cuadro 14. Cambios en valor ácido tiobarbitúrico de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	0.001 <sup>a, A</sup>	0.000 <sup>d, A</sup>	0.001 <sup>c, A</sup>	0.001 <sup>d, A</sup>	0.002 <sup>e, A</sup>
25°C 87% 0lx	0.001 <sup>a, C</sup>	0.000 <sup>cd, C</sup>	0.001 <sup>c, C</sup>	0.004 <sup>c, B</sup>	0.009 <sup>d, A</sup>
27°C 69% 280lx	0.001 <sup>a, B</sup>	0.000 <sup>cd, B</sup>	0.002 <sup>bc, B</sup>	0.006 <sup>bc, B</sup>	0.015 <sup>bc, A</sup>
39°C 66% 0lx	0.001 <sup>a, C</sup>	0.001 <sup>bc, C</sup>	0.002 <sup>bc, C</sup>	0.006 <sup>bc, B</sup>	0.011 <sup>cd, A</sup>
44°C 93% 0lx	0.001 <sup>a, D</sup>	0.001 <sup>ab, D</sup>	0.004 <sup>ab, C</sup>	0.008 <sup>b, B</sup>	0.017 <sup>b, A</sup>
47°C 89% 210lx	0.001 <sup>a, D</sup>	0.002 <sup>a, D</sup>	0.006 <sup>a, C</sup>	0.011 <sup>a, B</sup>	0.027 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Valores expresados en mg de malonaldehído/kg.

#### 4.4.4 Índice de peróxidos (IP)

Al final de la evaluación se observó que la rancidez oxidativa fue diferente en todos los ambientes como efecto de las diferentes condiciones de almacenaje, principalmente temperatura (Cuadro 15). El nivel de peróxidos ya había alcanzado el límite máximo permitido para el día 60 en las rosquillas almacenadas a temperaturas promedio superior a 40 °C. En dichas condiciones de temperatura, la humedad relativa promedio fue superior a 60 %. Los resultados se muestran gráficamente en el Anexo 15.

**Cuadro 15. Cambios en índice de peróxidos de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	0.00 <sup>a, C</sup>	0.59 <sup>d, B</sup>	1.29 <sup>e, A</sup>	1.36 <sup>d, A</sup>	1.36 <sup>e, A</sup>
25°C 87% 0lx	0.00 <sup>a, C</sup>	0.95 <sup>cd, C</sup>	1.79 <sup>de, B</sup>	2.00 <sup>d, B</sup>	7.14 <sup>d, A</sup>
27°C 69% 280lx	0.00 <sup>a, D</sup>	0.86 <sup>cd, C</sup>	2.25 <sup>cd, B</sup>	2.84 <sup>c, B</sup>	7.76 <sup>d, A</sup>
39°C 66% 0lx	0.00 <sup>a, E</sup>	1.25 <sup>bc, D</sup>	2.69 <sup>bc, C</sup>	4.11 <sup>b, B</sup>	10.51 <sup>c, A</sup>
44°C 93% 0lx	0.00 <sup>a, D</sup>	1.62 <sup>ab, C</sup>	3.18 <sup>b, B</sup>	3.73 <sup>b, B</sup>	12.59 <sup>b, A</sup>
47°C 89% 210lx	0.00 <sup>a, E</sup>	2.20 <sup>a, D</sup>	3.99 <sup>a, C</sup>	5.53 <sup>a, B</sup>	16.05 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Valores expresados en mEq de peróxidos/kg.

#### 4.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

No se observó un incremento significativo de mohos y levaduras durante el tiempo de evaluación (Cuadro 16). En ningún ambiente se alcanzó el límite permitido de estos microorganismos (5 Log UFC/mg) debido a que el incremento en  $A_w$  del producto no alcanzó niveles que permitieron su crecimiento. Esto lo podemos observar gráficamente en el Anexo 16.

**Cuadro 16. Crecimiento de mohos y levaduras de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.**

Ambiente	Día				
	0	7	15	30	60
6°C 43% 0lx	1.76 <sup>a, A</sup>	0.66 <sup>b, A</sup>	1.96 <sup>a, A</sup>	2.66 <sup>a, A</sup>	2.70 <sup>a, A</sup>
25°C 87% 0lx	1.63 <sup>a, B</sup>	1.80 <sup>ab, AB</sup>	2.06 <sup>a, AB</sup>	1.96 <sup>a, AB</sup>	2.83 <sup>a, A</sup>
27°C 69% 280lx	1.70 <sup>a, A</sup>	1.86 <sup>ab, A</sup>	1.86 <sup>a, A</sup>	2.40 <sup>a, A</sup>	2.83 <sup>a, A</sup>
39°C 66% 0lx	1.73 <sup>a, A</sup>	2.30 <sup>a, A</sup>	2.26 <sup>a, A</sup>	2.76 <sup>a, A</sup>	2.83 <sup>a, A</sup>
44°C 93% 0lx	1.53 <sup>a, A</sup>	2.16 <sup>a, A</sup>	2.06 <sup>a, A</sup>	1.66 <sup>a, A</sup>	3.00 <sup>a, A</sup>
47°C 89% 210lx	1.73 <sup>a, B</sup>	2.23 <sup>a, AB</sup>	1.90 <sup>a, B</sup>	2.50 <sup>a, AB</sup>	3.10 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre ambientes por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

Valores expresados en Log UFC/mg.

#### 4.6 DETERMINACIÓN DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

Mediante un análisis de correlación se observó que el atributo sensorial de textura presentó una correlación negativa alta con la dureza medida con el Instron (Cuadro 17). Esto significa que a medida aumentó la dureza expresada en kilo Newtons (kN) disminuyó la aceptación de la textura por parte de los panelistas.

La apreciación general evaluada sensorialmente presentó correlación positiva baja con el eje de color del valor  $a^*$  (Cuadro 17), lo cual significa que a medida disminuyó el aspecto rojizo tenue (valor  $a^*$ ) también disminuyó significativamente la aceptación de dicho atributo sensorial.

**Cuadro 17. Correlación entre atributos sensoriales y propiedades físicas.**

VARIABLES	Correlación
Textura vs. Dureza	-0.79 P<0.0001
Aprec. Gen. vs. Valor $A^*$	0.22 P 0.03

Se observó que todos los atributos sensoriales presentaron correlaciones altas negativas con las propiedades químicas (Cuadro 18). La aceptación del aroma, sabor y apreciación general de las rosquillas disminuyó a medida incrementó la oxidación de las mismas. El nivel de rancidez detectado por los panelistas aumentó a medida incrementó la actividad de agua, el contenido de humedad, el valor de ácido tiobarbitúrico y el índice de peróxidos. La aceptación de la textura disminuyó a medida incrementó el contenido de humedad.

**Cuadro 18. Correlación entre atributos sensoriales y propiedades químicas**

<b>Atributo</b>	<b>Aw</b>	<b>%Hum</b>	<b>TBA</b>	<b>IP</b>
Aroma	-	-	-0.83 P<0.0001	-0.85 P<0.001
Textura	-	-0.80 P<0.0001	-	-
Sabor	-	-0.82 P<0.0001	-0.84 P<0.0001	-0.87 P<0.0001
Rancidez	-0.84 P<0.0001	-0.82 P<0.0001	-0.84 P<0.0001	-0.87 P<0.0001
Aprec. Gen.	-0.83 P<0.0001	-0.80 P<0.0001	-0.84 P<0.0001	-0.87 P<0.0001

#### 4.7 DETERMINACIÓN DE LÍMITES CRÍTICOS

Para determinar la vida en anaquel de un producto es necesario definir los límites críticos de las propiedades que determinarán el deterioro del mismo. Por esta razón se definieron ciertos parámetros de manera experimental y comparándose con valores encontrados en la literatura (Cuadro 19). Para análisis sensoriales de aceptación un valor menor a cuatro en escala hedónica (me gusta mucho) indica que el producto debe ser retirado del mercado.

Por medio de una comparación entre los datos obtenidos del análisis sensorial y físico-químicos se determinó que una fuerza máxima de penetración superior a 1.30 kN sería detectado como un deterioro de la textura por parte de los consumidores. Asimismo se determinó que, con una actividad de agua superior a 0.45 y un contenido de humedad mayor a 5 % las rosquillas perdieron su calidad crocante.

Los límites críticos para cada una de las propiedades discutidas anteriormente son detallados en el Cuadro 19.

**Cuadro 19. Límites críticos de propiedades físico-químicas y sensoriales.**

<b>Propiedades</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límite crítico</b>
Sensoriales	Aceptación	4
Físicas		
Dureza	kN	1.30
Químicas		
Actividad de agua	Aw	0.45
Humedad	%	5
Valor TBA	mg de malonaldehído/Kg.	0.2 <sup>(1)</sup>
Índice de peróxidos	mEq peróxidos/Kg.	10
Microbiológico		
Mohos y levaduras	UFC/g	10 <sup>5</sup> <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Yoong (2004).<sup>(2)</sup> Forsythe adaptado de ICMSF (1986).

#### 4.8 DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL

Para determinar la vida en anaquel de las rosquillas se seleccionaron las variables con mejor correlación en el tiempo, con lo cual se comprobó que dichas propiedades fueron influenciadas por el período de almacenaje (Cuadro 20).

**Cuadro 20. Correlación de variables con el tiempo de evaluación**

<b>Variables</b>	<b>Correlación</b>
Humedad vs. Días	0.73 P<0.0001
Índice de peróxidos vs. Días	0.87 P<0.0001

Utilizando las variables seleccionadas, porcentaje de humedad (Anexo 17) e índice de peróxidos (Anexo 18), se determinó la vida en anaquel de las rosquillas para cada condición de almacenamiento. En el Cuadro 21 se observa la vida en anaquel calculada en días para cada ambiente evaluado. Se observó que los ambientes bajo condiciones de temperatura promedio superior a 40 °C y una humedad relativa promedio mayor a 85 % ocasionaron mayor deterioro de las rosquillas disminuyendo su vida en anaquel. Esto indica que el efecto acelerado obtenido mediante estas condiciones de almacenamiento aceleradas fue tres semanas, lo cual significa que un día bajo condiciones severas de almacenamiento (47 °C) representó aproximadamente cuatro días bajo condiciones normales de almacenamiento (27 °C).

**Cuadro 21. Datos obtenidos de vida en anaquel para cada ambiente**

Ambiente	Vida en anaquel	
	Días	Semanas
6°C 43% 0lx	83±41	12
25°C 87% 0lx	58±0	8
27°C 69% 280lx	73±4	10
39°C 66% 0lx	43±10	6
44°C 93% 0lx	24±4	3
47°C 89% 210lx	18±2	3

#### 4.9 DESARROLLO DE LA ECUACIÓN DE PREDICCIÓN DE VIDA EN ANAQUEL

Para el desarrollo de la ecuación de predicción de vida en anaquel de las rosquillas se utilizaron como variables independientes la temperatura, humedad relativa e intensidad de luz de las condiciones de almacenamiento. El total de datos obtenidos para el desarrollo de la ecuación fue de 18. Estos resultados fueron analizados mediante un procedimiento de regresión lineal múltiple con la ayuda del programa estadístico SAS® (Anexo 22). La ecuación de predicción de la variable vida en anaquel obtenida a través del análisis es:

$$\text{Días} = 133.64206 - 1.80324 (\text{°C}) - 0.34569 (\%HR) + 0.02635 (\text{Luz})$$

En donde °C es la temperatura de almacenamiento en grados centígrados, %HR la humedad relativa en porcentaje y Luz es la intensidad lumínica expresada en lux. El intercepto de la ecuación indica que si las rosquillas son almacenadas bajo condiciones de 0 °C de temperatura, 0 % de humedad relativa y 0 lx de intensidad lumínica éstas deberían durar 133 días en anaquel. El coeficiente de correlación ( $R^2$ ) ajustado del estudio fue 0.88, indicando que el 88 % de los datos se ajustaron al modelo.

#### 4.10 COMPARACIÓN ENTRE MATERIALES DE EMPAQUE

##### 4.10.1 Análisis sensorial

Los atributos sensoriales apariencia, aroma, textura, sabor, rancidez y apreciación general fueron comparados entre materiales de empaque de polipropileno metalizado y cloruro de polivinilo. No existieron diferencias significativas entre empaques en los atributos de apariencia (Cuadro 22), aroma (Cuadro 23) y textura (Cuadro 24). Los panelistas detectaron diferencias significativas únicamente en atributos como sabor (Cuadro 25), rancidez (Cuadro 26) y apreciación general (Cuadro 27).

**Cuadro 22. Cambios en apariencia de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	4.27 <sup>a, A</sup>	4.00 <sup>a, A</sup>	3.80 <sup>a, A</sup>	3.47 <sup>a, A</sup>	3.91 <sup>a, A</sup>
PVC	4.27 <sup>a, A</sup>	3.93 <sup>a, A</sup>	3.87 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, A</sup>	3.79 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 23. Cambios en aroma de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	4.33 <sup>a, A</sup>	3.66 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, A</sup>	2.93 <sup>a, A</sup>	3.31 <sup>a, A</sup>
PVC	4.33 <sup>a, A</sup>	3.60 <sup>a, AB</sup>	3.33 <sup>a, AB</sup>	3.00 <sup>a, AB</sup>	2.67 <sup>a, B</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 24. Cambios en textura de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	4.73 <sup>a, A</sup>	3.73 <sup>a, AB</sup>	3.27 <sup>a, B</sup>	3.40 <sup>a, B</sup>	3.02 <sup>a, B</sup>
PVC	4.73 <sup>a, A</sup>	3.87 <sup>a, AB</sup>	3.40 <sup>a, B</sup>	3.07 <sup>a, B</sup>	2.97 <sup>a, B</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 25. Cambios en sabor de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	4.27 <sup>a, A</sup>	3.60 <sup>a, AB</sup>	3.33 <sup>a, AB</sup>	3.27 <sup>a, AB</sup>	2.78 <sup>a, B</sup>
PVC	4.27 <sup>a, A</sup>	3.60 <sup>a, AB</sup>	3.33 <sup>a, BC</sup>	2.80 <sup>a, C</sup>	1.62 <sup>b, D</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 26. Cambios en rancidez de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	4.53 <sup>a, A</sup>	3.67 <sup>a, AB</sup>	3.53 <sup>a, AB</sup>	3.20 <sup>a, B</sup>	2.69 <sup>a, B</sup>
PVC	4.53 <sup>a, A</sup>	4.07 <sup>a, A</sup>	3.67 <sup>a, AB</sup>	3.00 <sup>a, B</sup>	1.70 <sup>b, C</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 27. Cambios en apreciación general de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	4.13 <sup>a, A</sup>	3.67 <sup>a, AB</sup>	3.26 <sup>a, AB</sup>	3.00 <sup>a, AB</sup>	2.66 <sup>a, B</sup>
PVC	4.13 <sup>a, A</sup>	3.53 <sup>a, AB</sup>	3.27 <sup>a, B</sup>	2.80 <sup>a, B</sup>	1.98 <sup>b, C</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

#### 4.10.2 Análisis físicos

Para el día 60 se observaron diferencias significativas en dureza (Cuadro 28). Para los ejes del valor  $L^*$  (Cuadro 29) y valor  $a^*$  (Cuadro 30) no se observaron diferencias significativas. Sin embargo, en el eje del valor  $b^*$  se observaron diferencias significativas en el día 60 entre los empaques evaluados (Cuadro 31). Al final de la evaluación el endurecimiento fue significativamente mayor en las rosquillas empacadas en PVC que en PP. Éstas presentaron un color menos amarillento en comparación con las empacadas en polipropileno metalizado.

**Cuadro 28. Cambios en dureza de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0 (kN)	7 (kN)	15 (kN)	30 (kN)	60 (kN)
PP	1.04 <sup>a, A</sup>	1.13 <sup>a, A</sup>	1.12 <sup>a, A</sup>	1.11 <sup>a, A</sup>	1.15 <sup>b, A</sup>
PVC	1.04 <sup>a, C</sup>	1.12 <sup>a, BC</sup>	1.15 <sup>a, BC</sup>	1.33 <sup>a, A</sup>	1.28 <sup>a, AB</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 29. Cambios en valor L\* de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	67.28 <sup>a, A</sup>	65.24 <sup>a, A</sup>	66.44 <sup>a, A</sup>	65.82 <sup>b, A</sup>	67.36 <sup>a, A</sup>
PVC	67.28 <sup>a, A</sup>	66.37 <sup>a, A</sup>	66.81 <sup>a, A</sup>	68.40 <sup>a, A</sup>	69.07 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

**Cuadro 30. Cambios en valor a\* de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	12.00 <sup>a, A</sup>	12.41 <sup>a, A</sup>	12.41 <sup>a, A</sup>	11.62 <sup>a, A</sup>	10.34 <sup>a, A</sup>
PVC	12.00 <sup>a, A</sup>	11.39 <sup>a, A</sup>	12.23 <sup>a, A</sup>	9.87 <sup>b, A</sup>	9.89 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

**Cuadro 31. Cambios en valor b\* de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	38.87 <sup>a, A</sup>	38.55 <sup>a, A</sup>	39.06 <sup>a, A</sup>	38.15 <sup>a, A</sup>	37.66 <sup>a, A</sup>
PVC	38.87 <sup>a, A</sup>	37.57 <sup>a, A</sup>	38.67 <sup>a, A</sup>	37.13 <sup>a, A</sup>	36.56 <sup>b, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

#### 4.10.3 Análisis químicos

No se observó diferencias significativas en actividad de agua (Cuadro 32), contenido de humedad (Cuadro 33) y valor TBA (Cuadro 34). Se observó que las rosquillas empacadas en material de cloruro de polivinilo (PVC) obtuvieron un índice de peróxidos significativamente mayor debido a que éstas presentaron mayor oxidación (Cuadro 35) en comparación con las rosquillas empacadas en polipropileno metalizado.

**Cuadro 32. Cambios en actividad de agua de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	0.16 <sup>a, B</sup>	0.30 <sup>a, A</sup>	0.22 <sup>a, AB</sup>	0.27 <sup>a, A</sup>	0.29 <sup>a, A</sup>
PVC	0.16 <sup>a, A</sup>	0.28 <sup>a, A</sup>	0.26 <sup>a, A</sup>	0.31 <sup>a, A</sup>	0.36 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

**Cuadro 33. Cambios en contenido de humedad de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0 (%)	7 (%)	15 (%)	30 (%)	60 (%)
PP	3.13 <sup>a, C</sup>	3.69 <sup>a, B</sup>	3.94 <sup>a, B</sup>	4.14 <sup>a, B</sup>	4.59 <sup>a, A</sup>
PVC	3.13 <sup>a, B</sup>	3.23 <sup>a, B</sup>	5.42 <sup>a, A</sup>	4.62 <sup>a, A</sup>	5.28 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

**Cuadro 34. Cambios en valor ácido tiobarbitúrico de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	0.000 <sup>a, C</sup>	0.000 <sup>a, BC</sup>	0.002 <sup>a, BC</sup>	0.006 <sup>a, B</sup>	0.015 <sup>a, A</sup>
PVC	0.000 <sup>a, D</sup>	0.003 <sup>a, CD</sup>	0.005 <sup>a, BC</sup>	0.008 <sup>a, B</sup>	0.019 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Valores expresados en mg de malonaldehído/kg.

**Cuadro 35. Cambios en índice de peróxidos de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	0.00 <sup>a, C</sup>	0.86 <sup>b, C</sup>	2.25 <sup>a, B</sup>	2.84 <sup>a, A</sup>	7.76 <sup>b, A</sup>
PVC	0.00 <sup>a, D</sup>	1.03 <sup>a, CD</sup>	2.47 <sup>a, BC</sup>	3.89 <sup>b, B</sup>	8.20 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente (P<0.05).

Valores expresados en mEq de peróxidos/kg.

#### 4.10.4 Análisis microbiológico

No se detectó un crecimiento significativo de mohos y levaduras durante el período de evaluación para ninguno de los empaques evaluados (Cuadro 36).

**Cuadro 36. Crecimiento de mohos y levaduras de las rosquillas almacenadas 60 días en dos empaques.**

Material de empaque	Día				
	0	7	15	30	60
PP	1.70 <sup>a, A</sup>	1.87 <sup>a, A</sup>	1.87 <sup>a, A</sup>	2.40 <sup>a, A</sup>	2.83 <sup>a, A</sup>
PVC	1.53 <sup>a, A</sup>	1.90 <sup>a, A</sup>	2.13 <sup>a, A</sup>	1.93 <sup>a, A</sup>	2.20 <sup>a, A</sup>

Letras en minúscula indican separación de medias entre empaques por columna.

Letras en mayúscula indican separación de medias entre días por fila.

Medias con diferente letra en cada columna y fila son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ).

Valores expresados en Log UFC/mg.

#### 4.10.5 Vida en anaquel

Se utilizaron los mismos parámetros de la Sección 4.7 para la determinación de la vida en anaquel de las rosquillas en cada uno de los empaques evaluados (Anexo 19). El contenido de humedad no fue considerado debido a que no existieron diferencias significativas entre empaques (Cuadro 33). Se observó que el uso de empaque de polipropileno metalizado aumentó significativamente la vida en anaquel de las rosquillas en seis días comparado con la vida obtenida con el empaque de cloruro de polivinilo (Cuadro 37).

**Cuadro 37. Comparación de vida en anaquel en dos empaques.**

Empaque	Vida en anaquel
	Días
Cloruro de polivinilo	73.66 <sup>B</sup>
Polipropileno metalizado	80.66 <sup>A</sup>

## 5. CONCLUSIONES

- La ecuación que estima la vida en anaquel de las rosquillas en empaque de polipropileno metalizado es:  $\text{Días} = 133.64206 - 1.80324 (\text{°C}) - 0.34549 (\%HR) + 0.02635 (\text{Luz})$ , donde °C es temperatura en grados centígrados, %HR es humedad relativa en porcentaje y Luz es intensidad lumínica en lux.
- Se obtuvo un efecto acelerado de prueba de tres semanas, por lo que un día bajo estas condiciones aceleradas representó aproximadamente cuatro días en condiciones normales de almacenaje de Zamorano.
- El aumento en temperatura y humedad relativa provocó mayor deterioro de la textura, un incremento en la tasa de rancidez oxidativa y un aumento en la actividad de agua.
- La calidad de las rosquillas disminuyó significativamente en propiedades como sabor, textura y aroma durante su vida en anaquel, dicho deterioro fue mayor en condiciones aceleradas.
- El uso de empaque de polipropileno metalizado retardó la rancidez oxidativa en comparación con el empaque de cloruro de polivinilo. Dicho retardo no significó un aumento significativo de la vida en anaquel de las rosquillas.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Evaluar y validar la ecuación usando otros tipos de rosquillas para poder predecir la vida en anaquel de este producto bajo las mismas condiciones de empaque.
- Repetir el estudio con el número de ambientes (12) que permita realizar un análisis de superficies de respuesta y así determinar los efectos individuales de cada factor y las interacciones estadísticamente.
- Determinar el costo de realizar estudios acelerados de vida en anaquel por parte del Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) bajo las condiciones disponibles.
- Evaluar diferentes materiales de empaque bajo condiciones severas de almacenamiento con el fin de determinar el efecto de los factores ambientales (temperatura, humedad, luz) sobre las propiedades de los empaques (permeabilidad, resistencia).
- Repetir la evaluación de los empaques de polipropileno metalizado y cloruro de polivinilo asegurándose de la efectividad del sellado en ambos materiales.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Carrillo, E. 2000. Caracterización del proceso de elaboración de rosquillas de sorgo y su aceptación en el mercado. Tesis Lic. Ing. Agr. El Zamorano, HN. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 32 p.
- Forsythe, S. 2000. Alimentos seguros: microbiología. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, ES. 400p.
- Kuntz, L.1996. Accelerated shelf-life testing (en línea). Consultado 14 ago. 2007. Disponible en <http://www.foodproductdesign.com/archive/1991/1291QA.html>
- Labuza, T. s.f. Determination of the shelf life of foods. 32 p.
- Madrid, A; Cenzano, Inma; Madrid, J; Madrid A. 1994. Manual de pastelería y confitería. Madrid, ES. 480 p.
- Matz, S. 1989. Bakery technology: packaging, nutrition, product development. Texas, US. 369 p.
- Pedro, A.; Ferreira M. 2006. Multivariate accelerated shelf-life testing: a novel approach for determining the shelf-life of foods (en línea). Consultado 5 sep. 2007. Disponible en <http://pcserver.iqm.unicamp.br/~marcia/Pub92.pdf>
- Proexport Colombia. 2005. Estudio de mercado – Honduras (en línea). Consultado 12 ago. 2007. Disponible en <http://www.proexport.gov.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo8704DocumentNo7166.PDF>
- Robertson, G. 1992. Food packaging: Principles and practice. Michigan, US. 576 p.
- Roos Y. 2001. Water activity and plasticization. *In* Eskin, M; Robinson, D. eds. Food shelf life stability. US. p. 3-36.
- Smith J; Phillips D; El-Khoury W; Koukoutsis J; El-Khoury A. 2004. Shelf life and safety concerns of bakery products: A review (en línea). Consultado 11 ago. 2007. Disponible en <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a713609659~db=all>

Steele, B; Scully A; Zerdin K. 2006. Research snapshot: Accelerated shelf life testing (en línea). Consultado 12 sep. 2007. Disponible en <http://www.foodscience.csiro.au/fsn/2/fsn2d.htm>

Tung, M; Brito, I; Yada, S. 2001. Packaging considerations. *In* Eskin, M; Robinson, D. eds. Food shelf life stability. US. p. 3-36.

Valenzuela, A. Nieto S. 1996. Antioxidantes sintéticos y naturales: protectores de la calidad de los alimentos. Consultado 28 sep. 2007. Disponible <http://www.ig.csic.es/Revis/Fas47/Res47/Re47f38.html>

Yoong, A. 2004. Caracterización físico-química del propóleo de la Escuela Agrícola Panamericana y su efecto antioxidante en aceite de soya. Tesis Lic. Ing. Agr. El Zamorano, HN. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 50 p.

## **8. ANEXOS**

## Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial

## Prueba de Aceptación para Rosquillas

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Muestra: \_\_\_\_\_

## Aroma

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5
Me desagrada Mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta	Me gusta mucho

## Observaciones

## Apariencia

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5
Me desagrada Mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta	Me gusta mucho

## Textura (crocancia)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5
Me desagrada Mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta	Me gusta mucho

## Sabor

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5
Me desagrada Mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta	Me gusta mucho

## Nivel de Rancidez

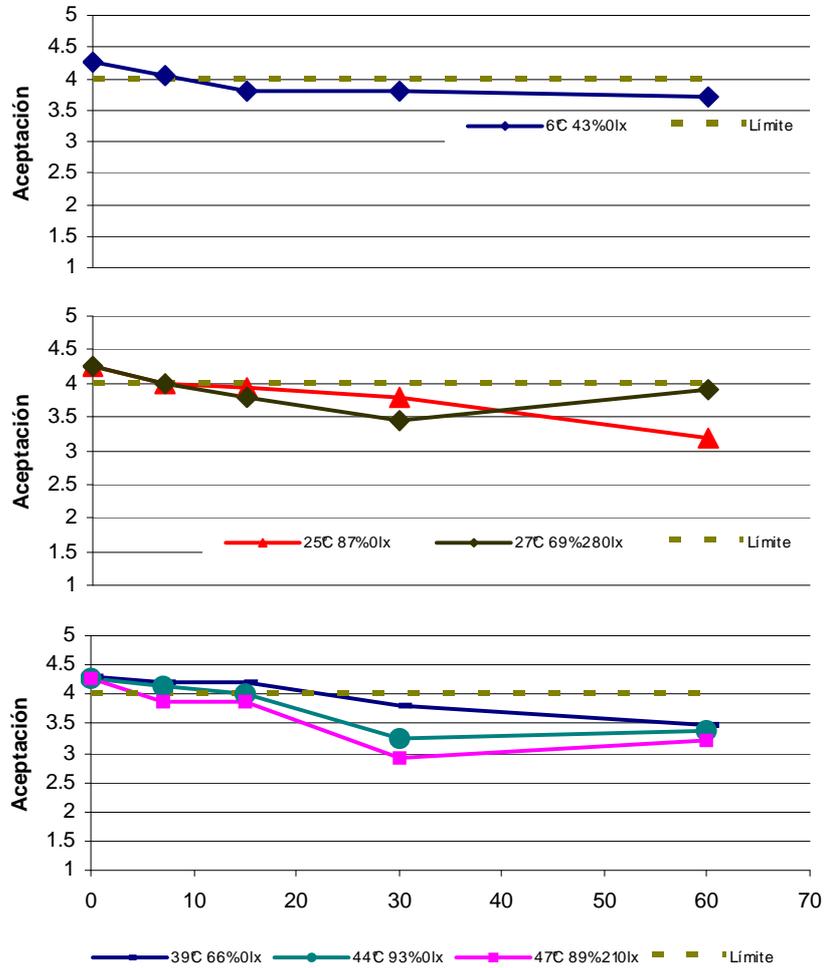
<input type="checkbox"/>				
1	2	3	4	5
Alto	Mediano	Poco	Muy Poco	Ninguno

## Apreciación General

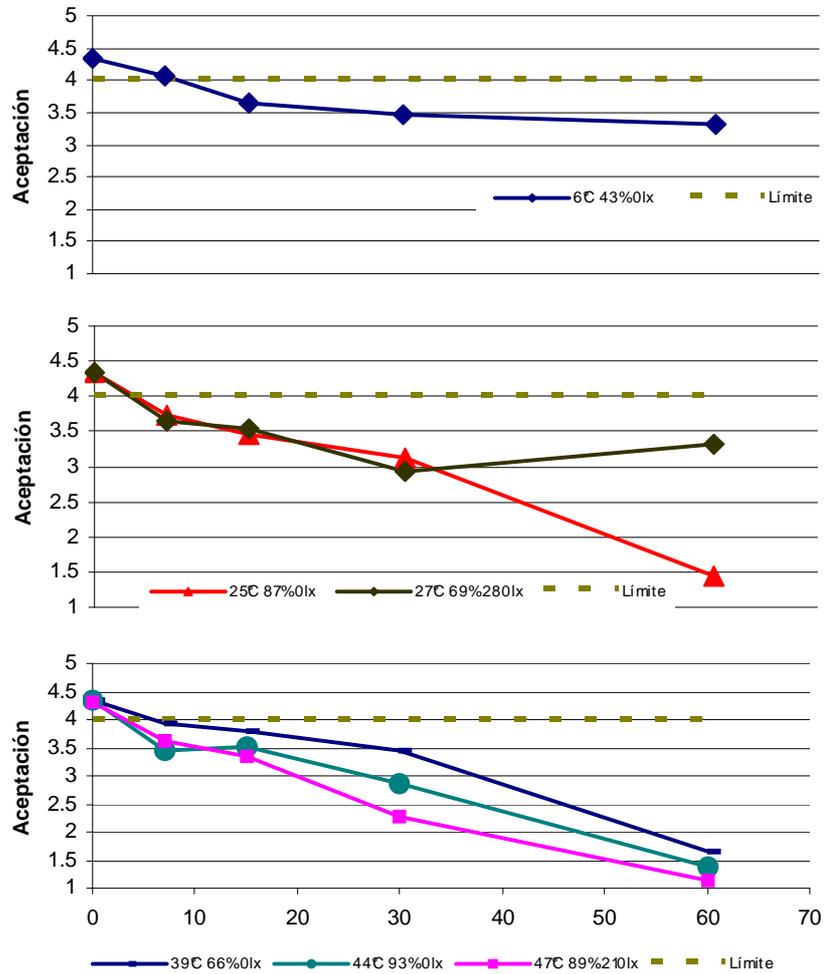
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5
Me desagrada Mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta	Me gusta mucho

¡Gracias por su colaboración!

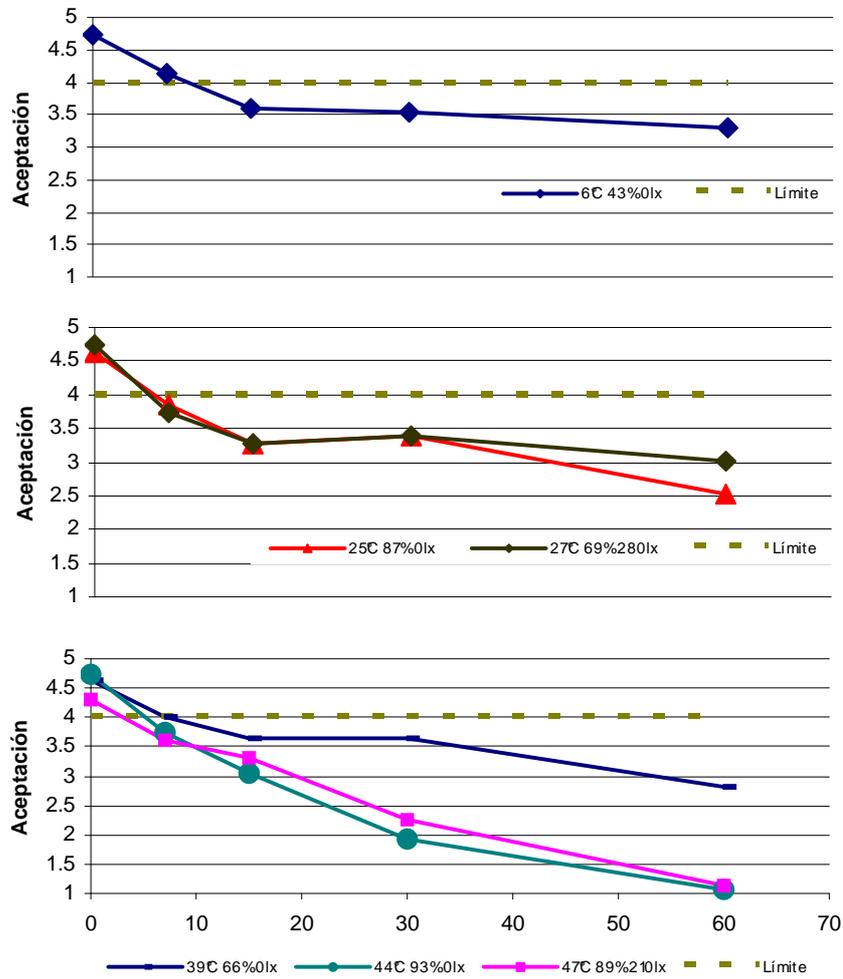
**Anexo 2.** Cambios en apariencia de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



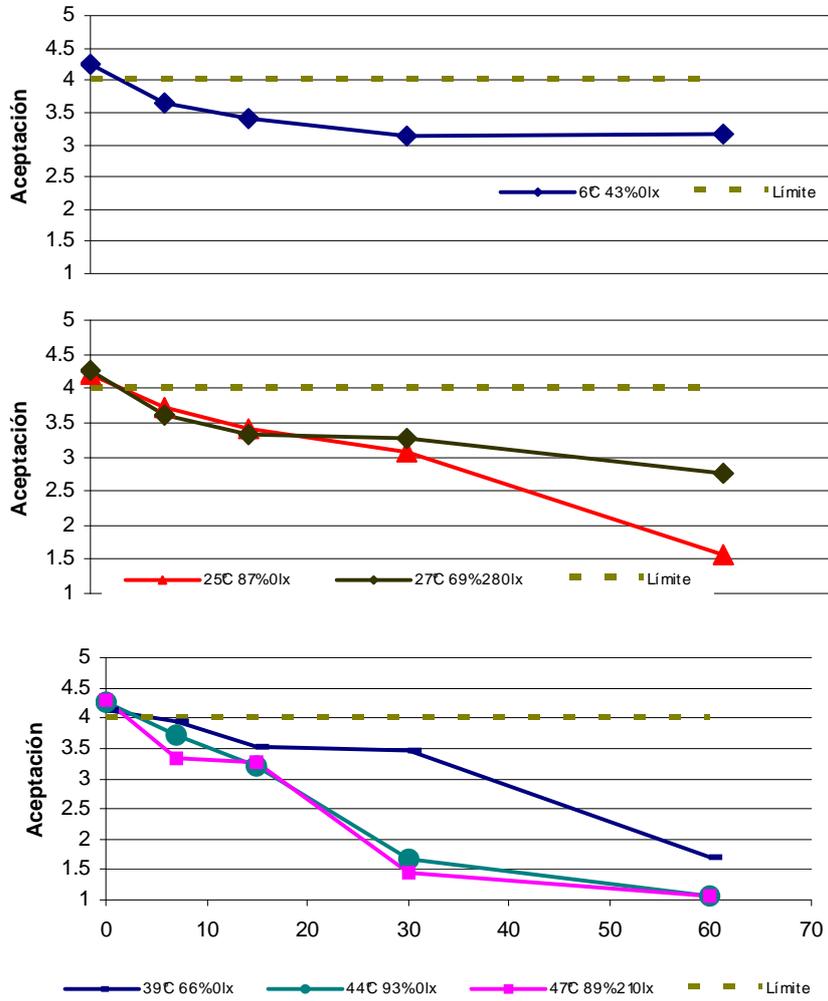
**Anexo 3.** Cambios en aroma de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



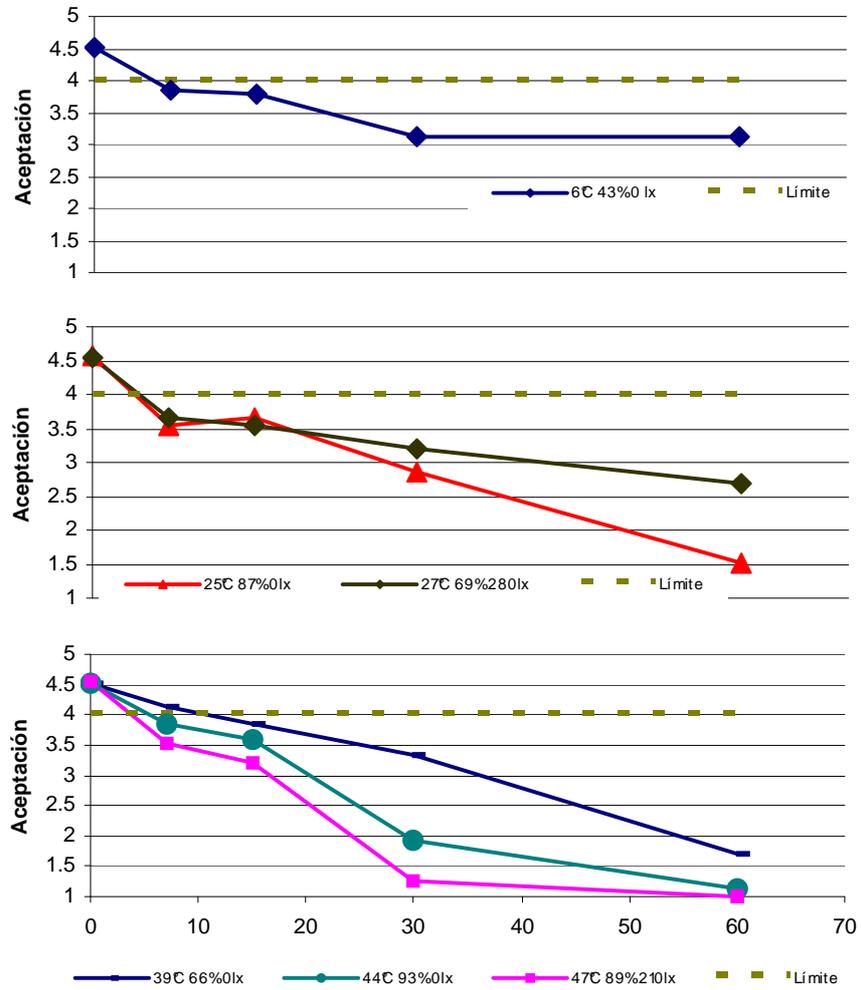
**Anexo 4.** Cambios en textura de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



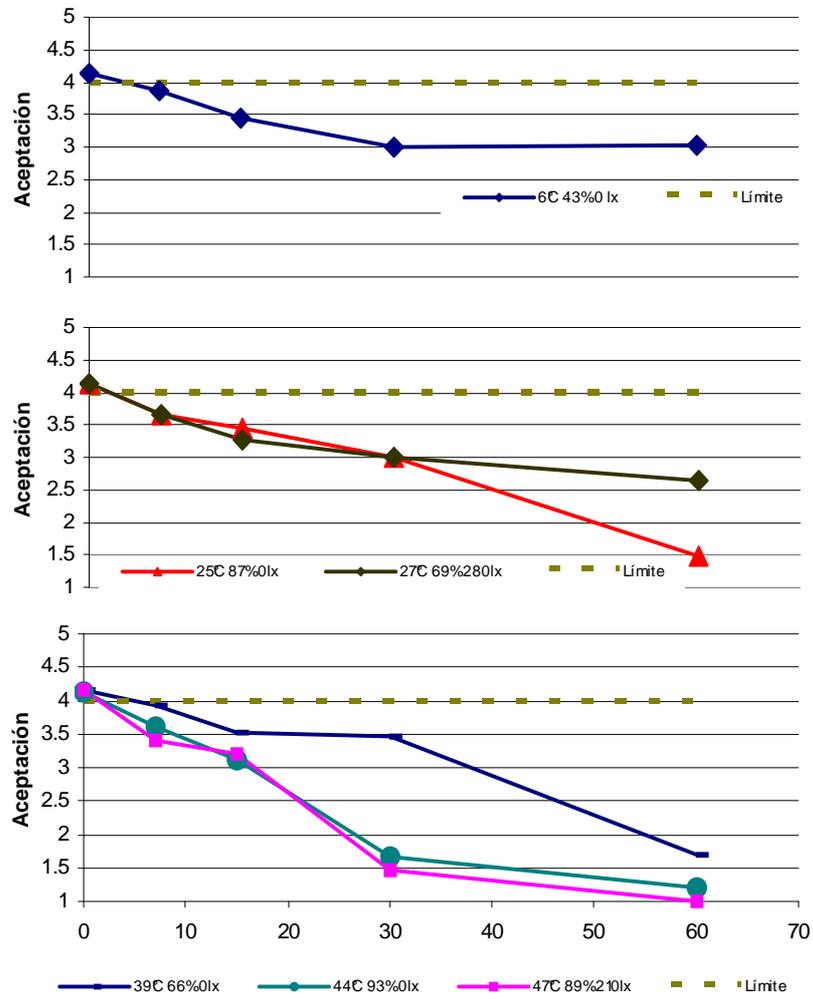
**Anexo 5.** Cambios en sabor de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



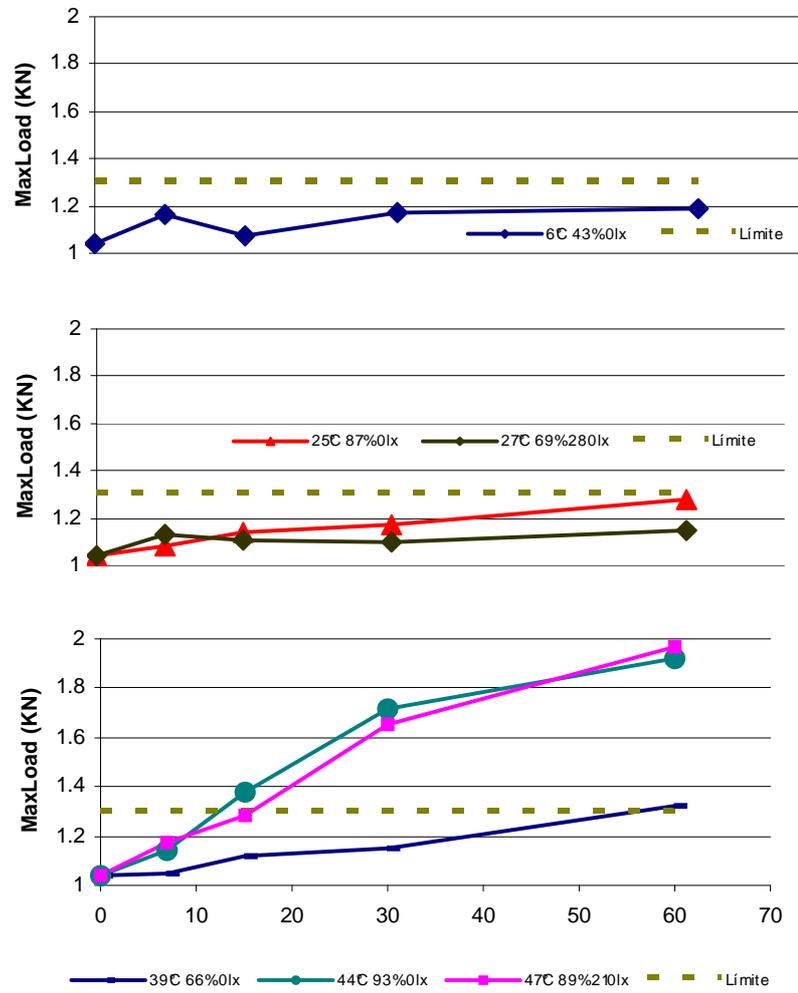
**Anexo 6.** Cambios en rancidez de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



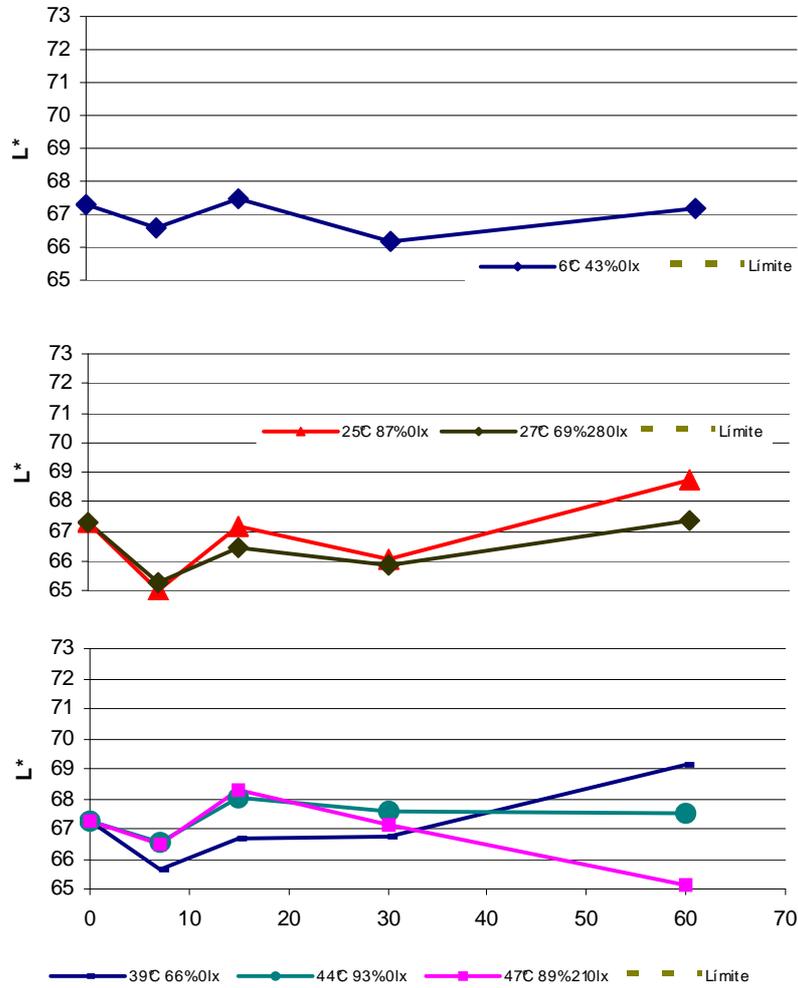
**Anexo 7.** Cambios en apreciación general de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



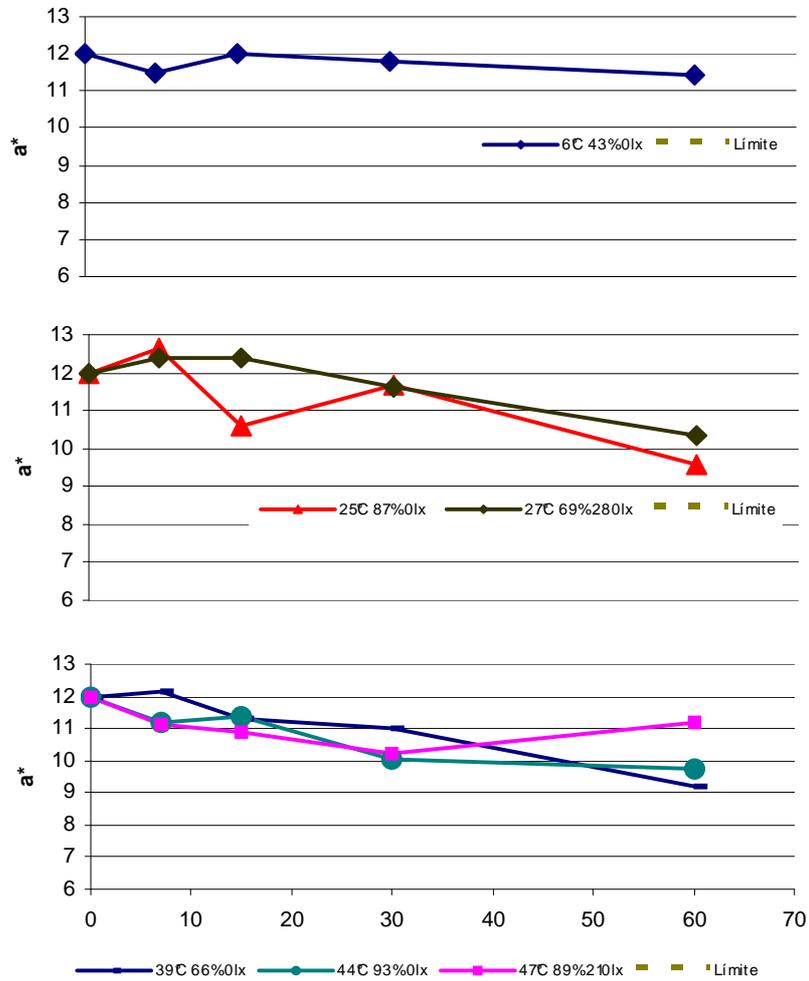
**Anexo 8.** Cambios en dureza de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



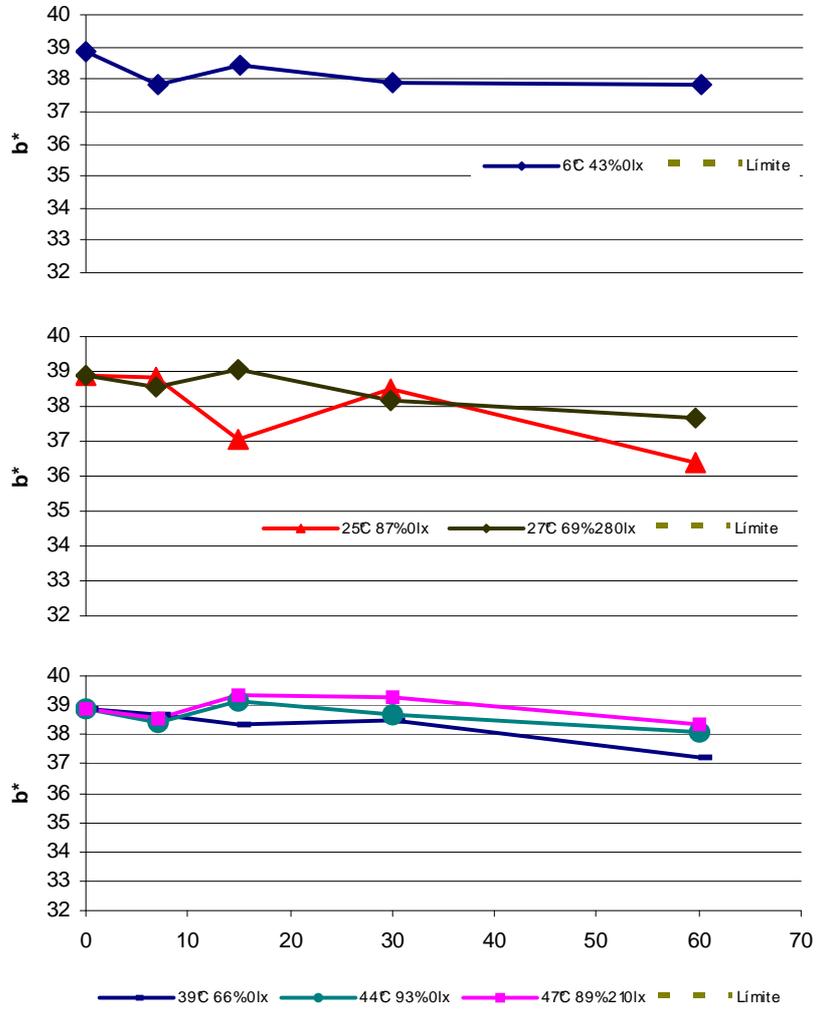
**Anexo 9.** Cambios en valor L\* de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



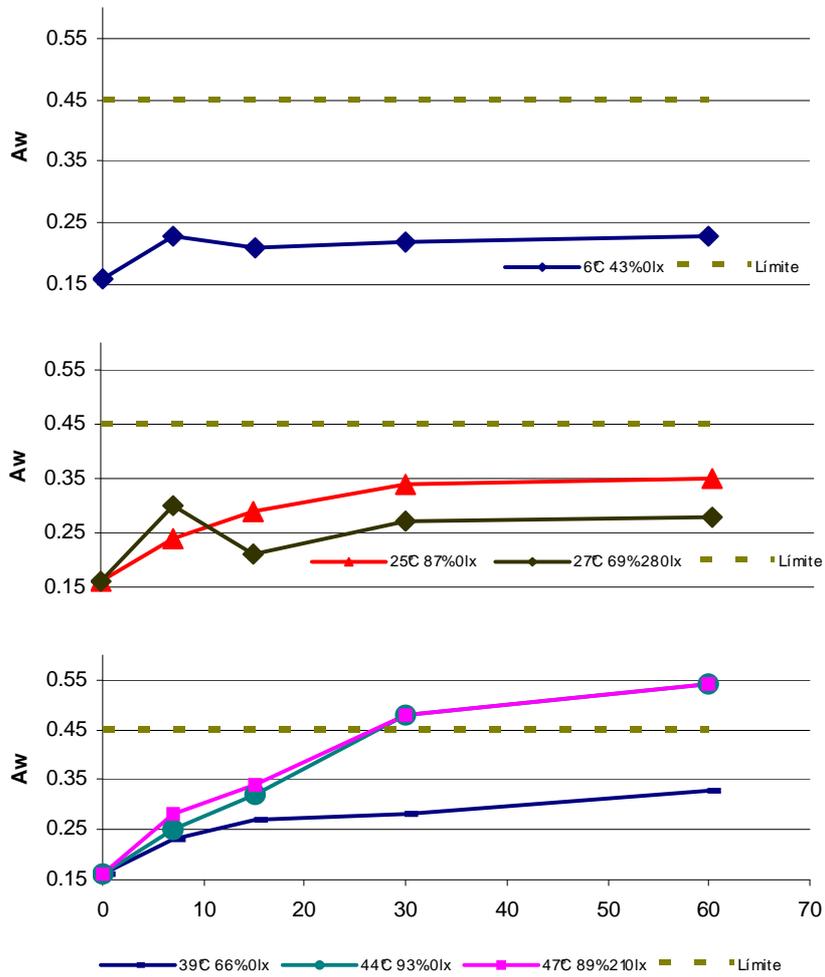
**Anexo 10.** Cambios en valor  $a^*$  de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



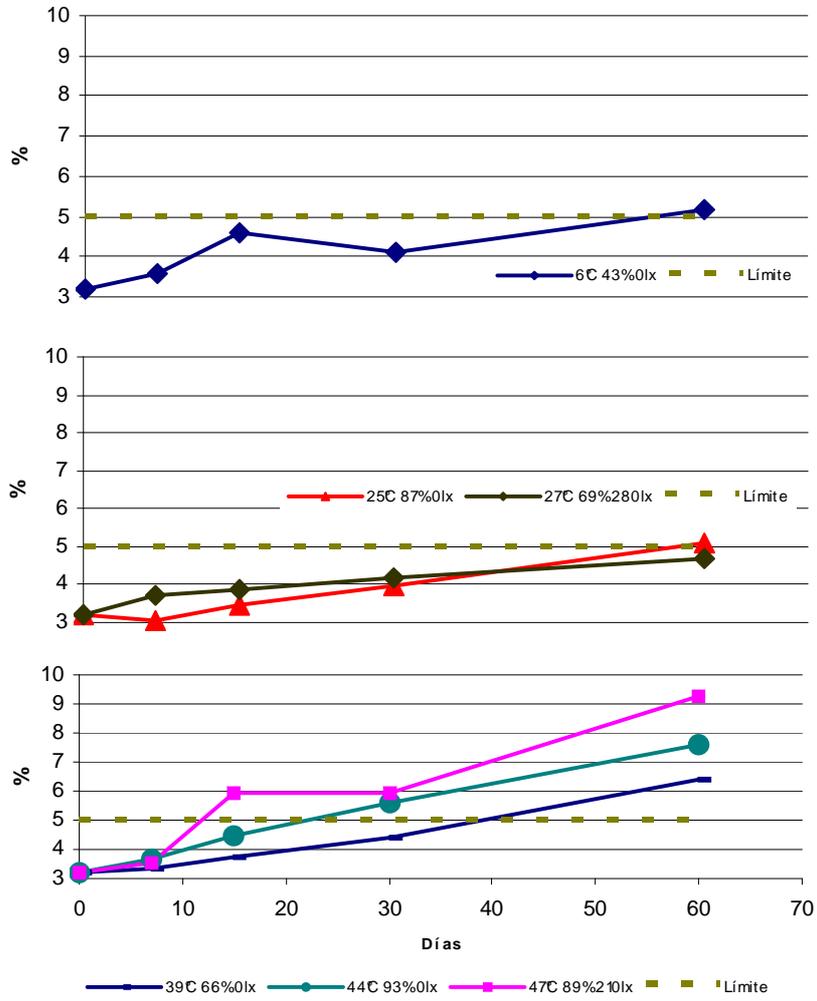
**Anexo 11.** Cambios en valor  $b^*$  de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



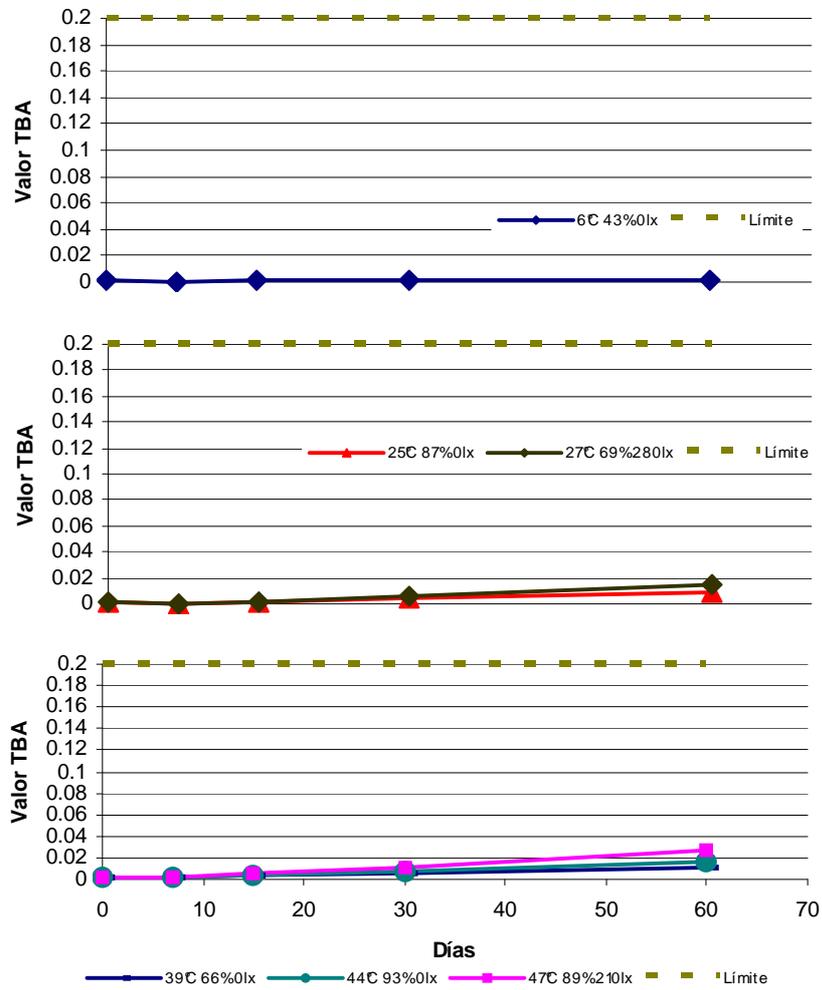
**Anexo 12.** Cambios en actividad de agua de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



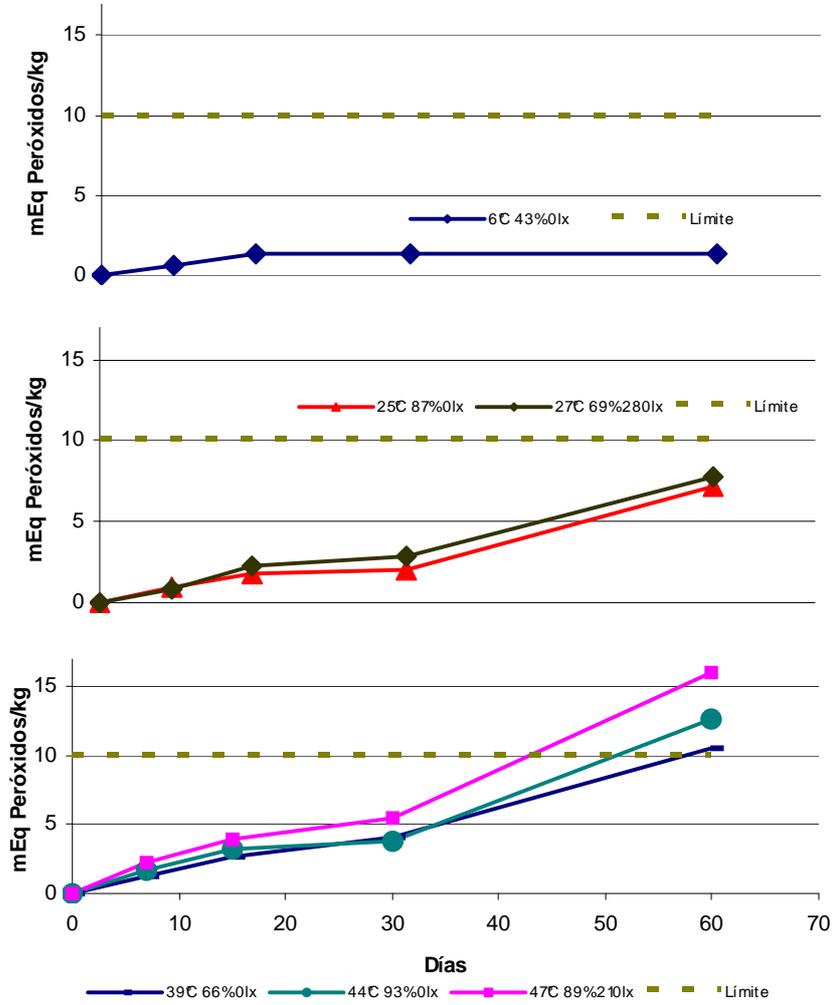
**Anexo 13.** Cambios en contenido de humedad de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



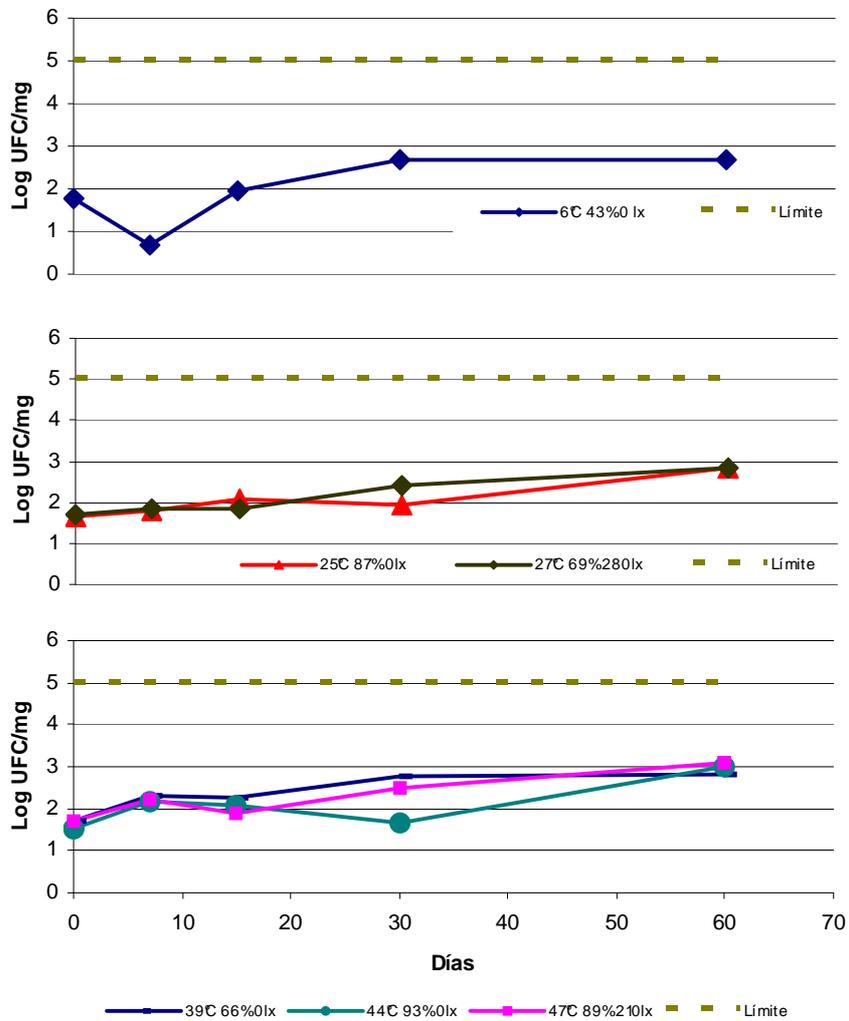
**Anexo 14.** Cambios en valor de ácido tiobarbitúrico de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.



**Anexo 15.** Cambios en índice de peróxidos de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.

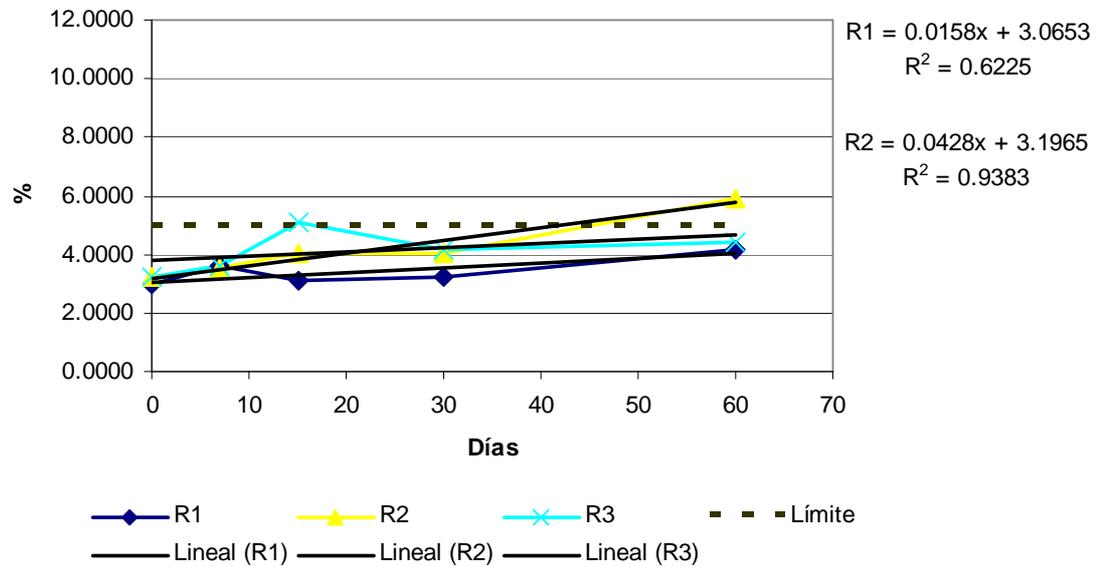


**Anexo 16.** Crecimiento de mohos y levaduras de las rosquillas almacenadas 60 días por ambiente evaluado.

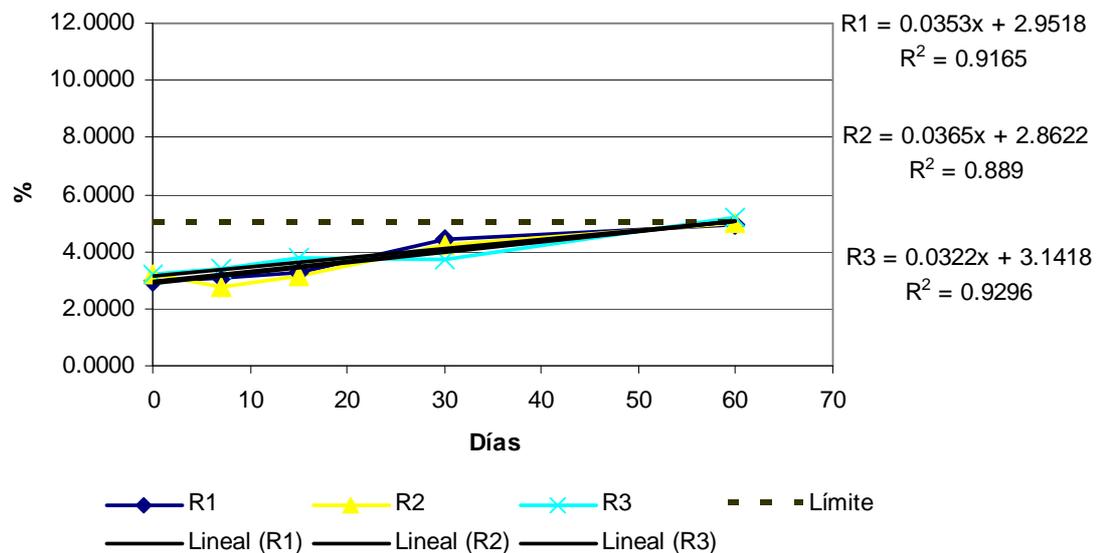


### Anexo 17. Determinación de la vida útil según el contenido de humedad.

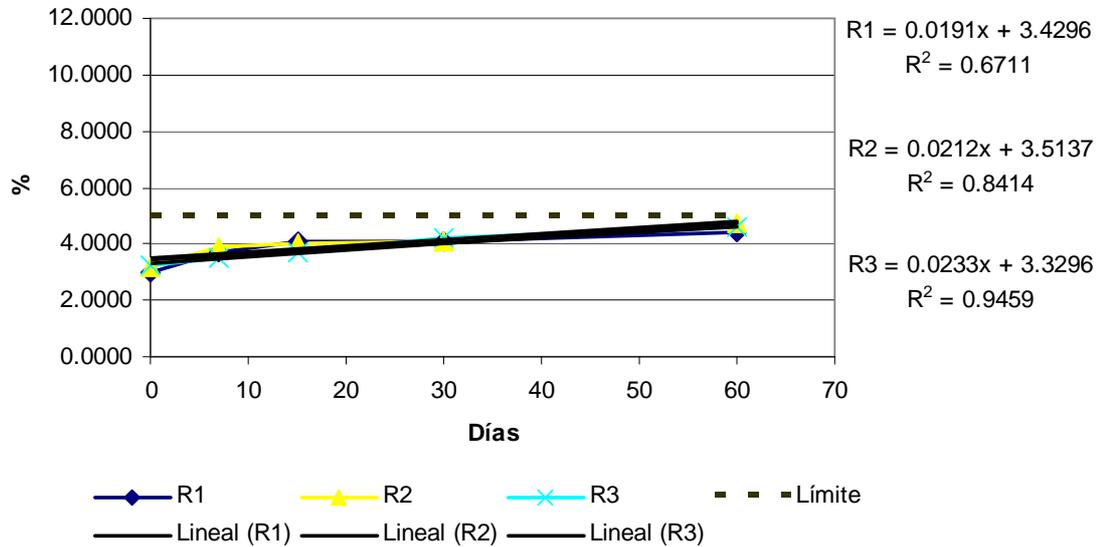
- Ambiente 6°C - 43% - 0lx



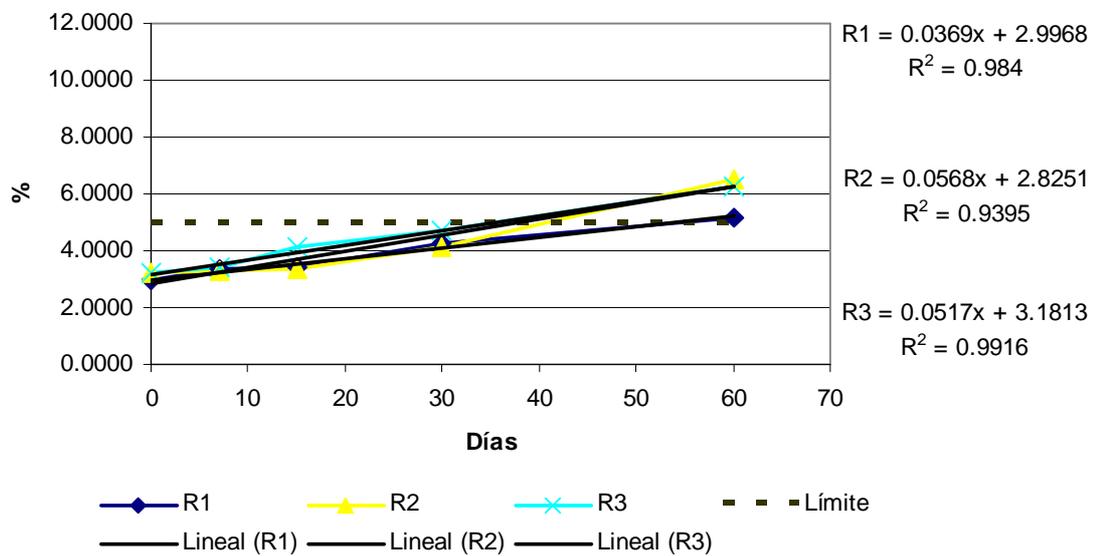
- Ambiente 25°C - 87% - 0lx



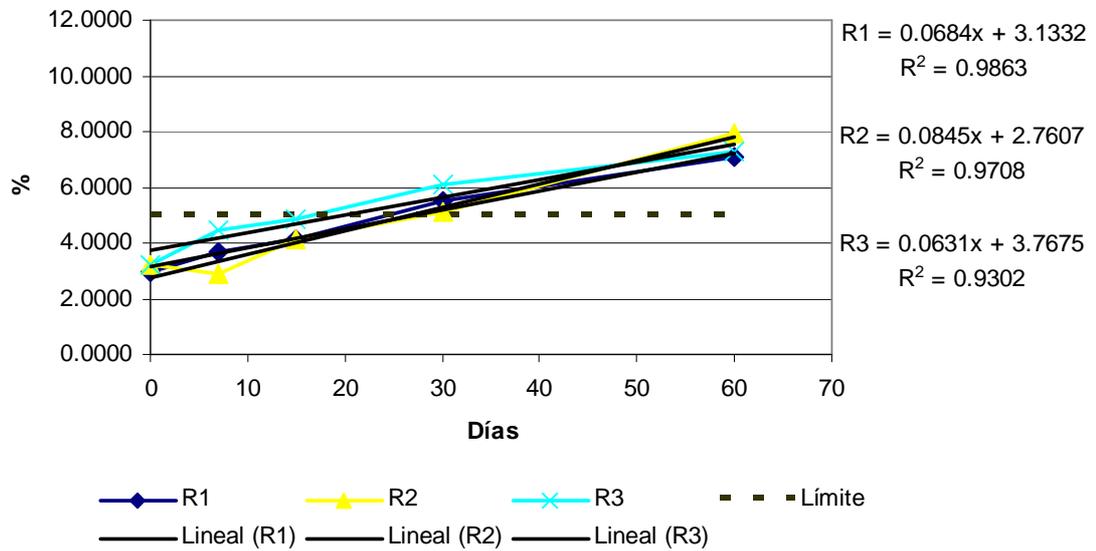
- Ambiente 27°C - 69% - 280lx



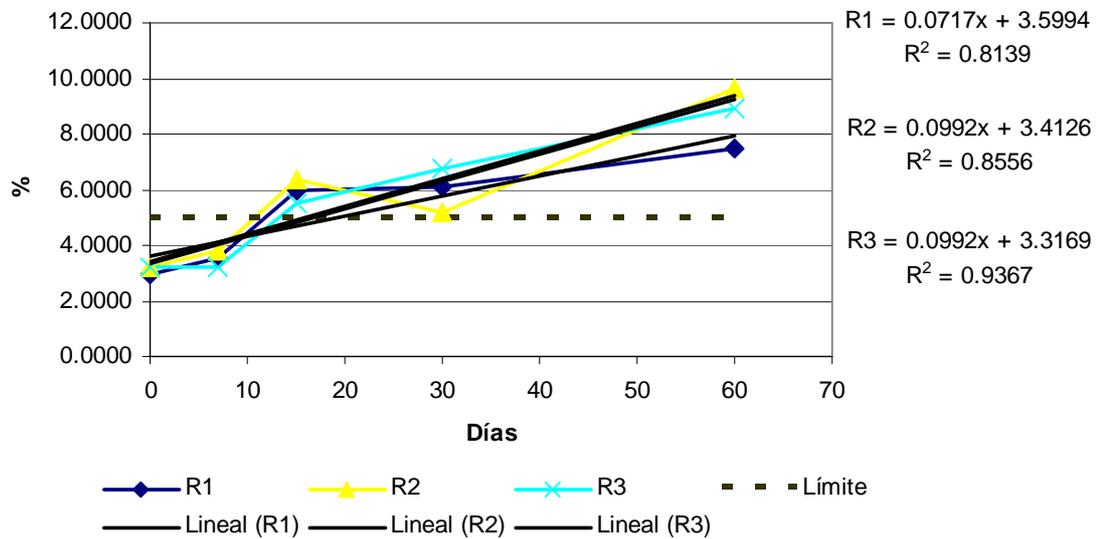
- Ambiente 39°C - 66% - 0lx



- Ambiente 44°C - 93% - 0lx

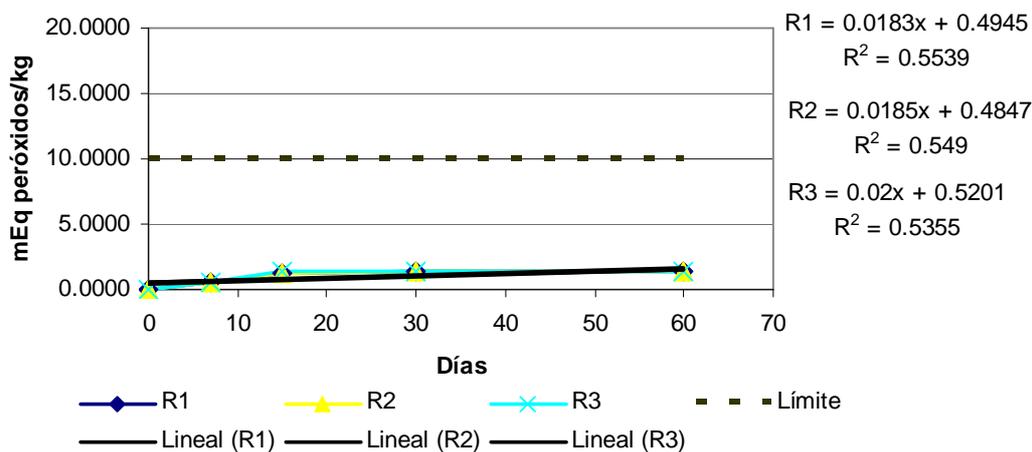


- Ambiente 47°C - 66% - 0lx

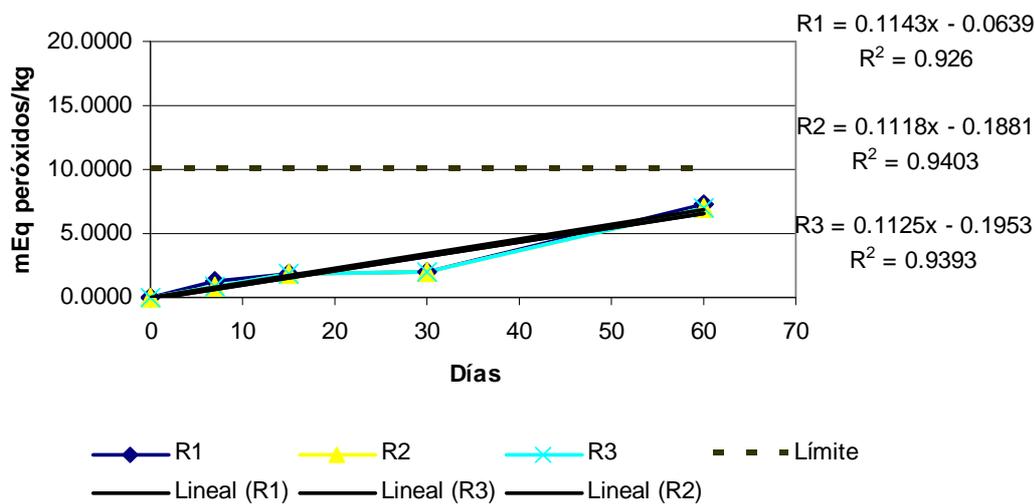


### Anexo 18. Determinación de la vida útil según el índice de peróxidos

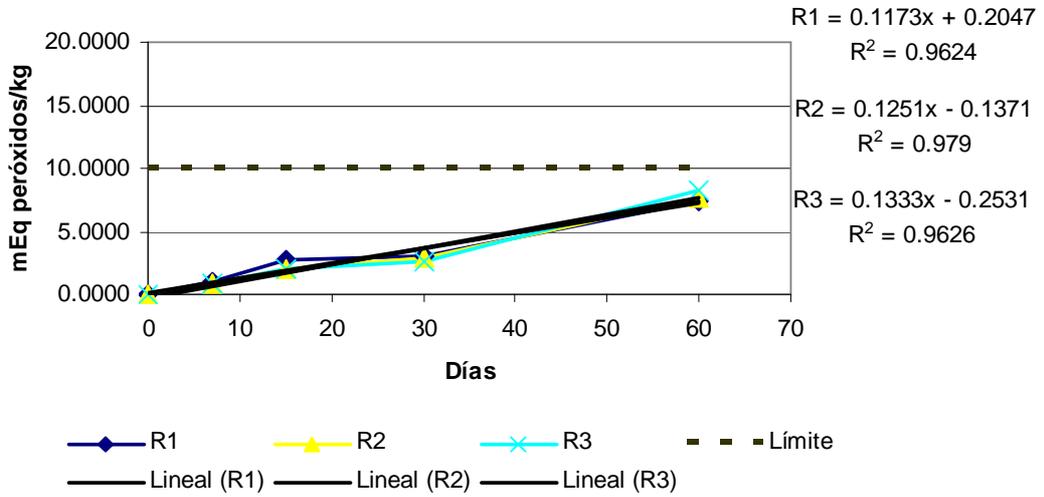
- Ambiente 6°C - 43% - 0lx



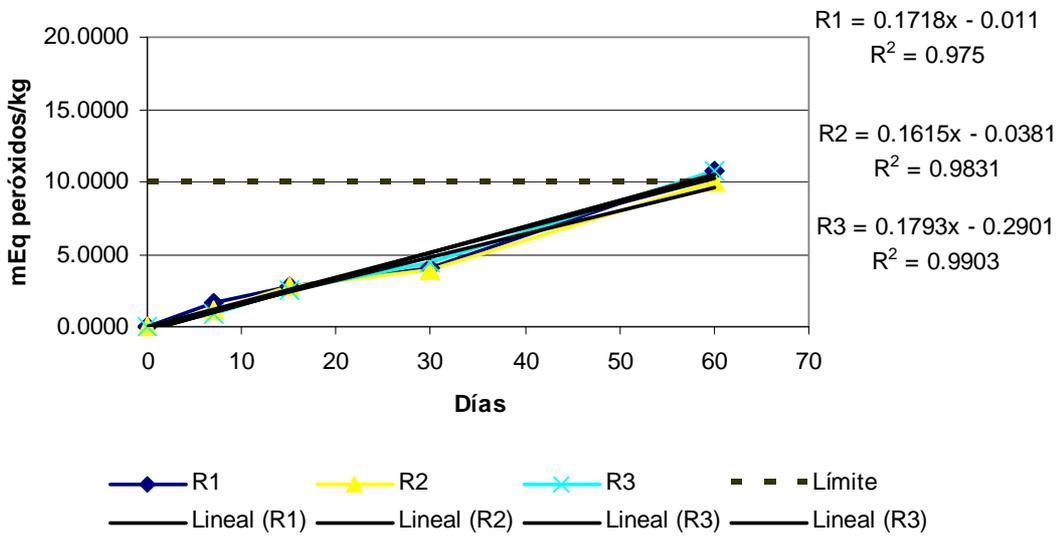
- Ambiente 25°C - 87% - 0lx



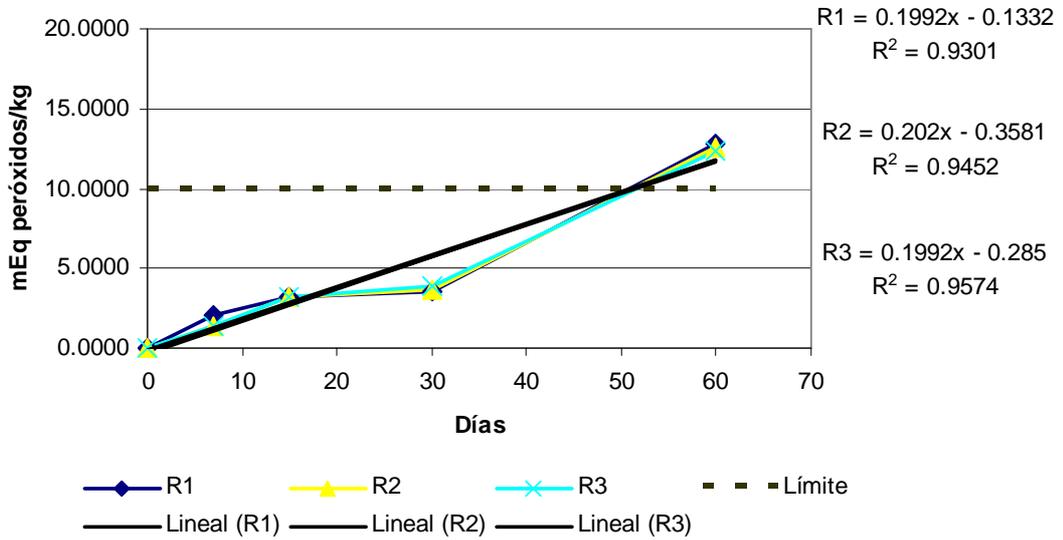
- Ambiente 27°C - 69% - 280lx



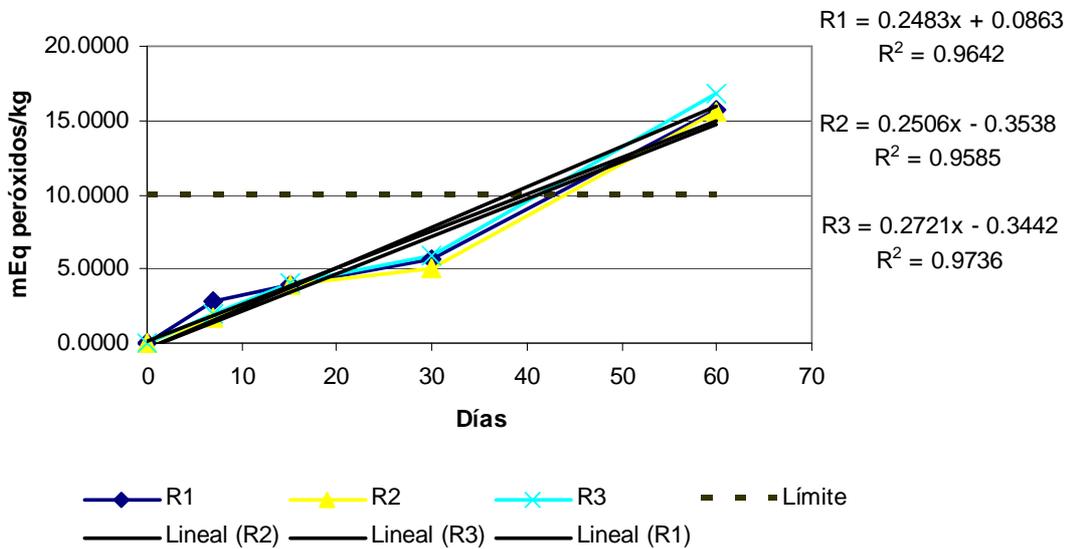
- Ambiente 39°C - 66% - 0lx



- Ambiente 44°C - 93% - 0lx

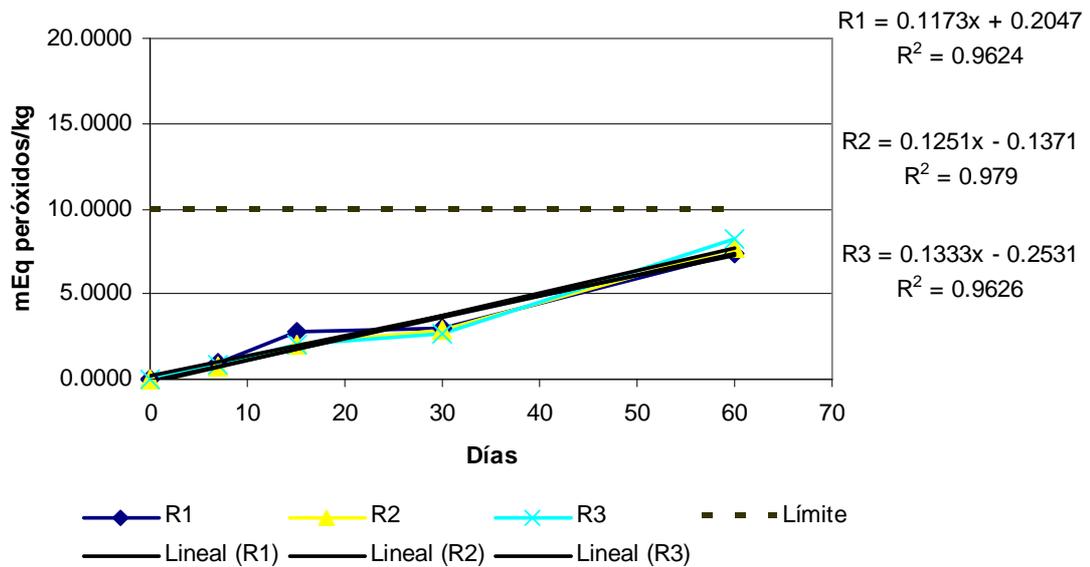


- Ambiente 47°C - 66% - 0lx

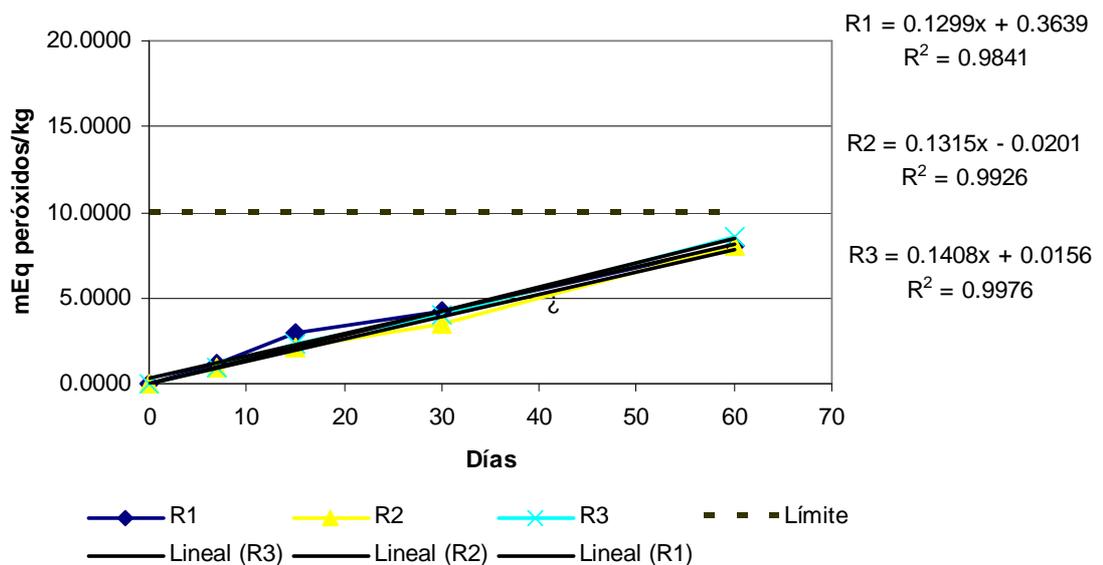


**Anexo 19.** Determinación de vida en anaquel según el índice de peróxidos en dos empaques diferentes.

- Polipropileno metalizado



- Cloruro de polivinilo



**Anexo 20.** Ejemplo de cuadro de salida SAS® para medidas repetidas en el tiempo del índice de peróxidos.

45

Sistema SAS

20:41 Monday, September 10, 2007

Procedimiento GLM  
Análisis de medidas repetidas de la varianza

Información del nivel de medidas repetidas

Variable dependiente	TIME1	TIME2	TIME3	TIME4	TIME5
Nivel de TIME5	1	2	3	4	5

Criterio de test MANOVA y estadísticos F exactos para la hipótesis de efecto no TIME5  
H = Tipo III Matriz SSCP para Término indeTIME5  
Matriz SSCP de error E =

S=1 M=1 N=3.5

Estadístico	Valor	F-Valor	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.0006043	3720.93	4	9	<.0001
Pillai's Trace	0.9993957	3720.93	4	9	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	1653.7464618	3720.93	4	9	<.0001
Roy's Greatest Root	1653.7464618	3720.93	4	9	<.0001

Criterio de test MANOVA y aproximaciones para la hipótesis de efecto no TIME5\*TRT  
H = Tipo III Matriz SSCP para TIME5\*TRT  
Matriz SSCP de error E =

S=4 M=0 N=3.5

Estadístico	Valor	F-Valor	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.00021905	18.00	20	30.799	<.0001
Pillai's Trace	2.40174441	3.61	20	48	0.0001
Hotelling-Lawley Trace	359.60281971	147.63	20	13.565	<.0001
Roy's Greatest Root	353.23403714	847.76	5	12	<.0001

NOTA: El estadístico F para la raíz mayor de Roy es un límite superior.

48

Sistema SAS

20:41 Monday, September 10, 2007

Procedimiento GLM  
Medias de cuadrados mínimos

TRT	TIME1 LSMEAN	TIME2 LSMEAN	TIME3 LSMEAN	TIME4 LSMEAN	TIME5 LSMEAN
1	0	1.25270000	2.69900000	4.11330000	10.5066333
2	0	0.95923333	1.79113333	2.00660000	7.1405000
3	0	0.86066667	2.24913333	2.84166667	7.7654000
4	0	1.62093333	3.17713333	3.73133333	12.5924333
5	0	2.20470000	3.97810000	5.52930000	16.0498667
6	0	0.59563333	1.29970000	1.35833333	1.3660000

**Anexo 21.** Ejemplo de cuadro de salida SAS® para separación de medias entre tratamientos y entre tiempos para índice de peróxidos.

34 Sistema SAS 20:41 Monday, September 10, 2007

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para TIME1

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	0
Valor crítico del rango estudentizado	4.91202
Diferencia significativa mínima	0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	Número de observaciones	TRT
A	0	3	1
A	0	3	2
A	0	3	3
A	0	3	4
A	0	3	5
A	0	3	6

54 Sistema SAS 20:41 Monday, September 10, 2007

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para IP

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	10
Error de cuadrado medio	0.089529
Valor crítico del rango estudentizado	4.65429
Diferencia significativa mínima	0.804

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	Número de observaciones	TIEMPO
A	7.1405	3	5
B	2.0066	3	4
B	1.7911	3	3
C	0.9592	3	2
C	0.3333	3	1

**Anexo 22.** Cuadro de salida SAS® para regresión múltiple.

		Sistema SAS		20:35 Sunday, October 28, 2007		5
Procedimiento REG Modelo: MODEL1 Variable dependiente: VIDAUTIL						
		Number of Observations Read				17
		Number of Observations Used				17
Análisis de la varianza						
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F	
Modelo	3	12634	4211.26741	39.44	<.0001	
Error	13	1388.08011	106.77539			
Total corregido	16	14022				
		Raíz MSE	10.33322	R-cuadrado	0.9010	
		Media dependiente	50.35294	R-Cuad Adj	0.8782	
		Var Coeff	20.52158			
Estimadores del parámetro						
Variable	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr >  t	Inflación de la varianza
Intercept	1	133.64206	12.82574	10.42	<.0001	0
TEMP	1	-1.80324	0.29088	-6.20	<.0001	2.23176
HR	1	-0.34549	0.23131	-1.49	0.1591	2.18467
LUZ	1	0.02635	0.02142	1.23	0.2404	1.03258
Diagnósticos de colinealidad						
Número	Autovalor	Índice de condición	-----Proporción de la variación-----			
			Intercept	TEMP	HR	LUZ
1	3.35828	1.00000	0.00318	0.00494	0.00164	0.02971
2	0.55937	2.45024	0.00354	0.00479	0.00211	0.95359
3	0.06985	6.93392	0.22854	0.48925	0.00263	0.00138
4	0.01251	16.38650	0.76474	0.50102	0.99362	0.01531