

BATLE, TERESA ADRIA

Análisis del efecto

73963

2015

73963

1025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

**TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAGISTER EN INOCUIDAD Y CALIDAD DE ALIMENTOS**

**Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en
la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto,
nutricionalmente equilibrados.**

TERESA ADRIANA BATLLE

DNI: 16 310 351

DIRECTORA: MG. STELLA MARIS ZANIOLO
CO-DIRECTOR: MG. JORGE LEPORATI

Río Cuarto, Argentina

2015

73963

MFN:
Clasif:
T. 930

El presente trabajo fue realizado en el Departamento Ingeniería de Procesos, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (UNSL). Se presenta como requisito para optar por el grado de Magister en Inocuidad y Calidad de Alimentos

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



Teresa Adriana Batlle

Tesista



Mg. Stella Maris Zaniolo

Directora



Mg. Jorge Leporati

Codirector

Jurado:

MSc. Ing. Agr. Susana N. Viale



MSc. Ing. Qco. Alberto Willnecker



Mg. Ing. Qco. Carlos Baudino



DEDICATORIA

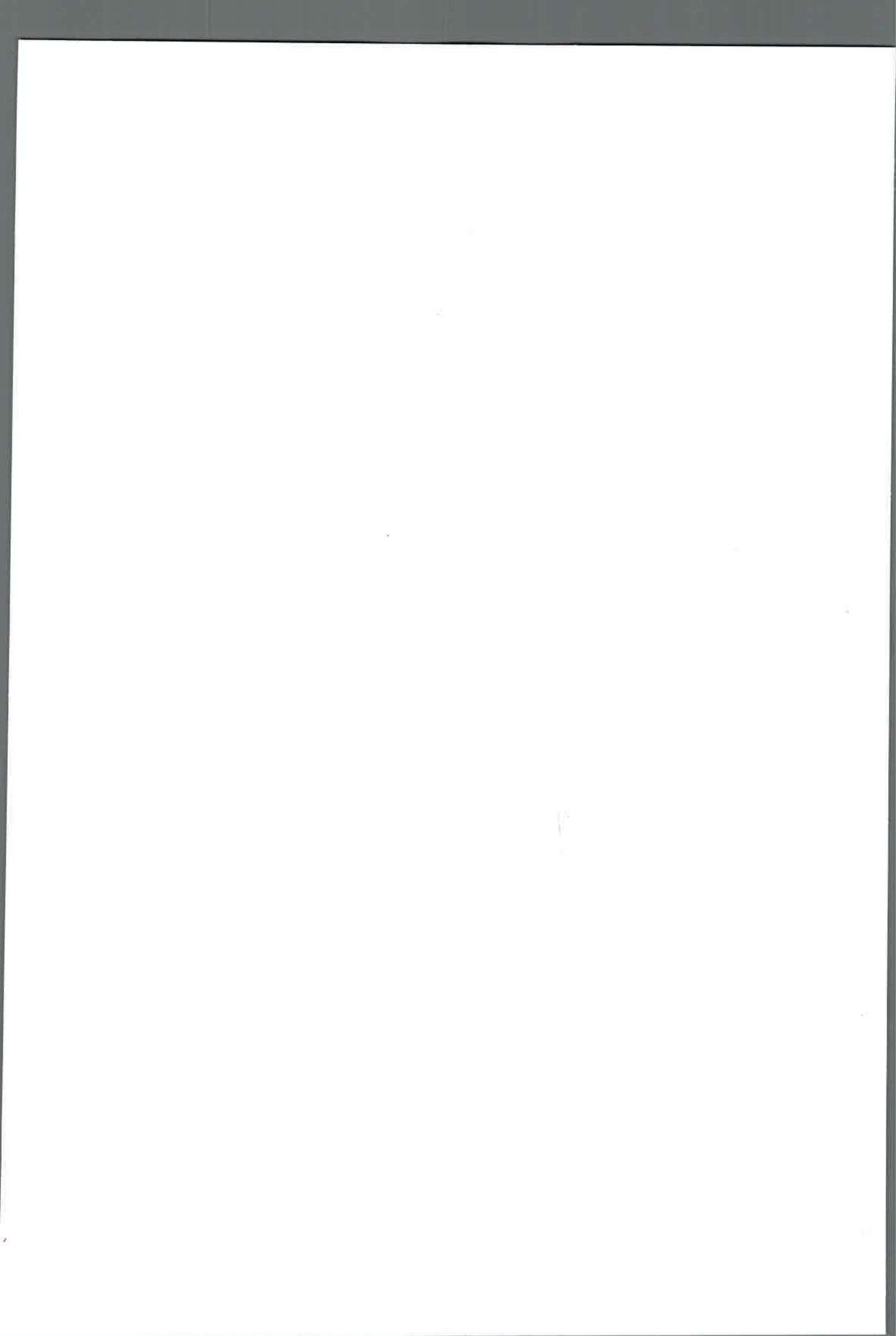
A MIS HIJOS QUERIDOS CRISTIAN Y JESÚS, TODA UNA INSPIRACIÓN HACIA LA SUPERACIÓN ACADÉMICA Y ESPIRITUAL, SEMBRARON EN MI PRINCIPIOS Y VALORES QUE HAN HECHO FLORECER LA FORTALEZA Y PERSEVERANCIA PARA LOGRAR ESTE PROPÓSITO.

HOY ME QUEDA DECIRLES: LA META QUE UN DÍA INICIE, SERÁ PARA UDS LA QUE INICIARAN PRONTO Y MIENTRAS MÁS OSADA Y RIESGOZA ES DONDE MÁS APRENDEMOS. LOS QUIERO MUCHO.

FUERON USTEDES TAMBIEN EL ÉXITO DE ESTE LOGRO.

BESOS Y ABRAZOS

TERESA



AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a la Directora del Proyecto de Investigación “Desarrollo de Nuevos productos a base de Amaranto empleando tecnologías de secado de la UNSL”, Esp. Ing. María Teresa Malka, quien con su asesoramiento y buena predisposición hizo posible éste trabajo en el laboratorio de alimentos de la FICA.

Agradezco a mis directores de tesis Mg. Ing. Stella Maris Zaniolo y al Mg. Jorge Leporati, por su confianza, orientación y colaboración estando siempre disponibles ante mis requerimientos.

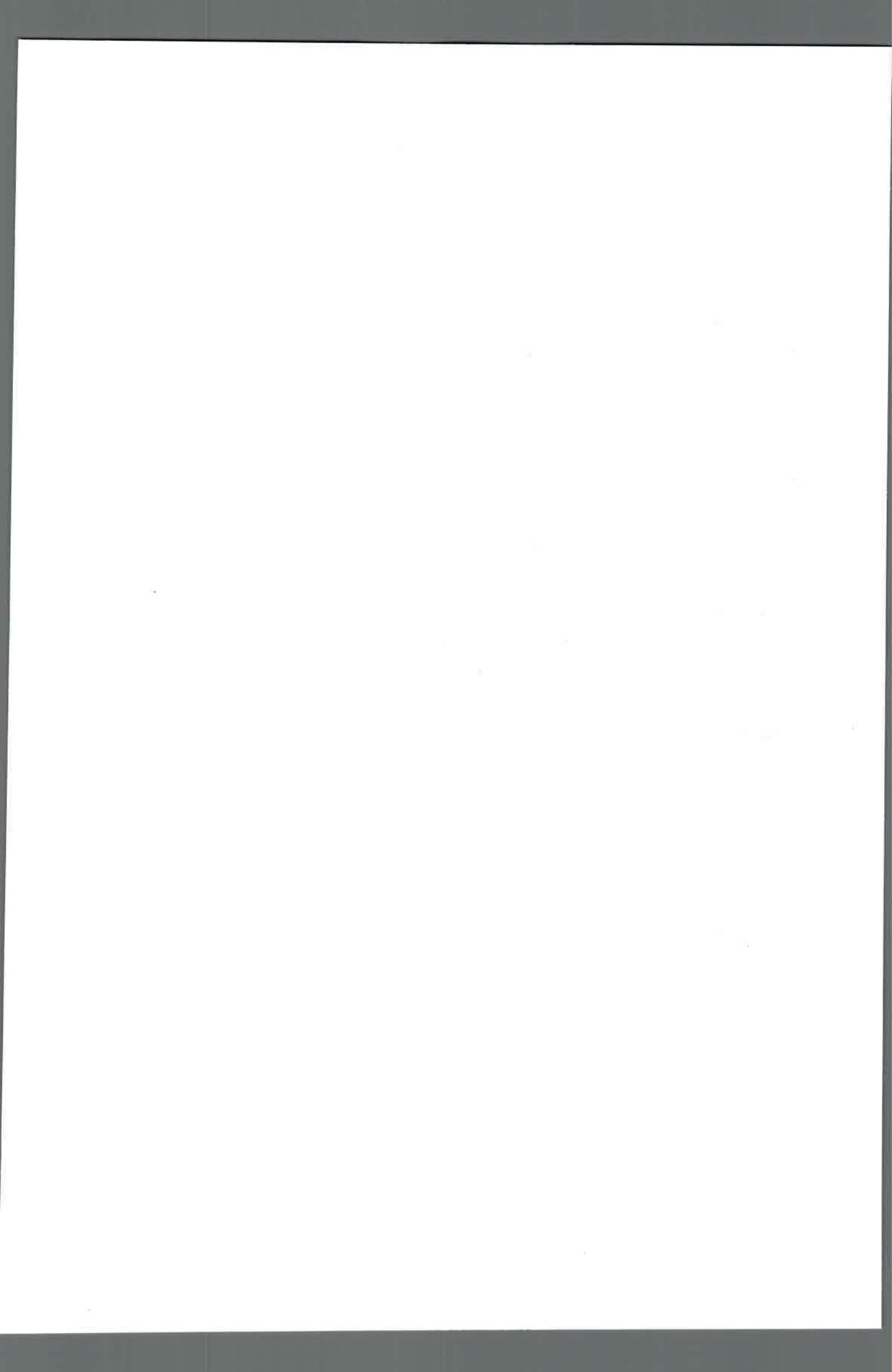
Al Dr. Rubén Davicino, por el apoyo brindado para la culminación de esta tesis.

A todos mis compañeros de maestría que hicieron de las horas de clases más amenas y enriquecedoras, de cada uno me llevo lo más preciado; su amistad.

A Ludy Rodriguez Triana y Matías Ticle, mis compañeros de estudio.

A la UNSL por permitirme esta superación académica que estoy segura redundará en un gran beneficio y aprovechamiento, en cuanto al fortalecimiento de los programas de Calidad e Inocuidad de los Alimentos, quienes llevan como objetivo proteger la salud de nuestros habitantes.

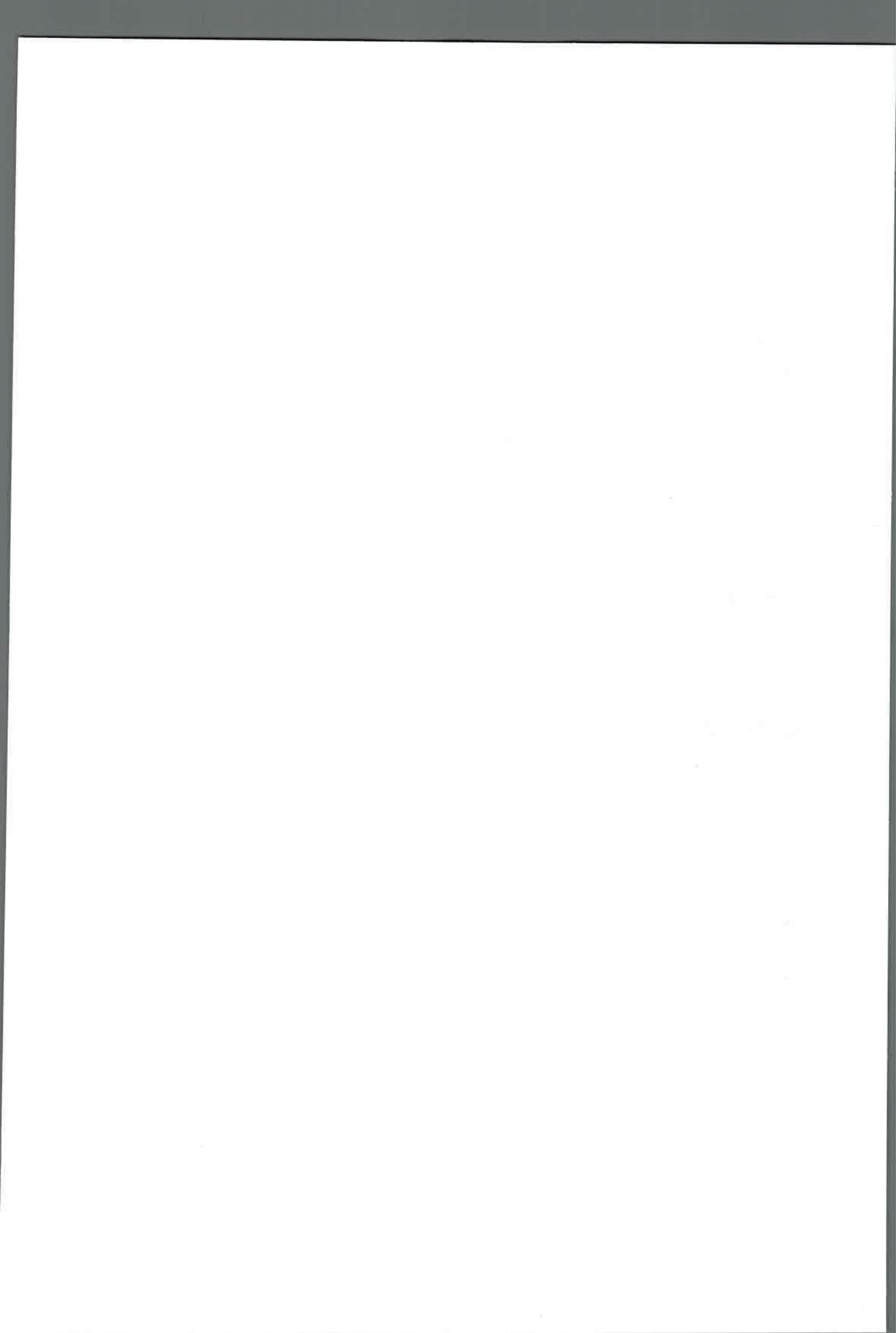
A los jurados que me aportaron sus experiencias y conocimientos para el enriquecimiento de esta tesis.



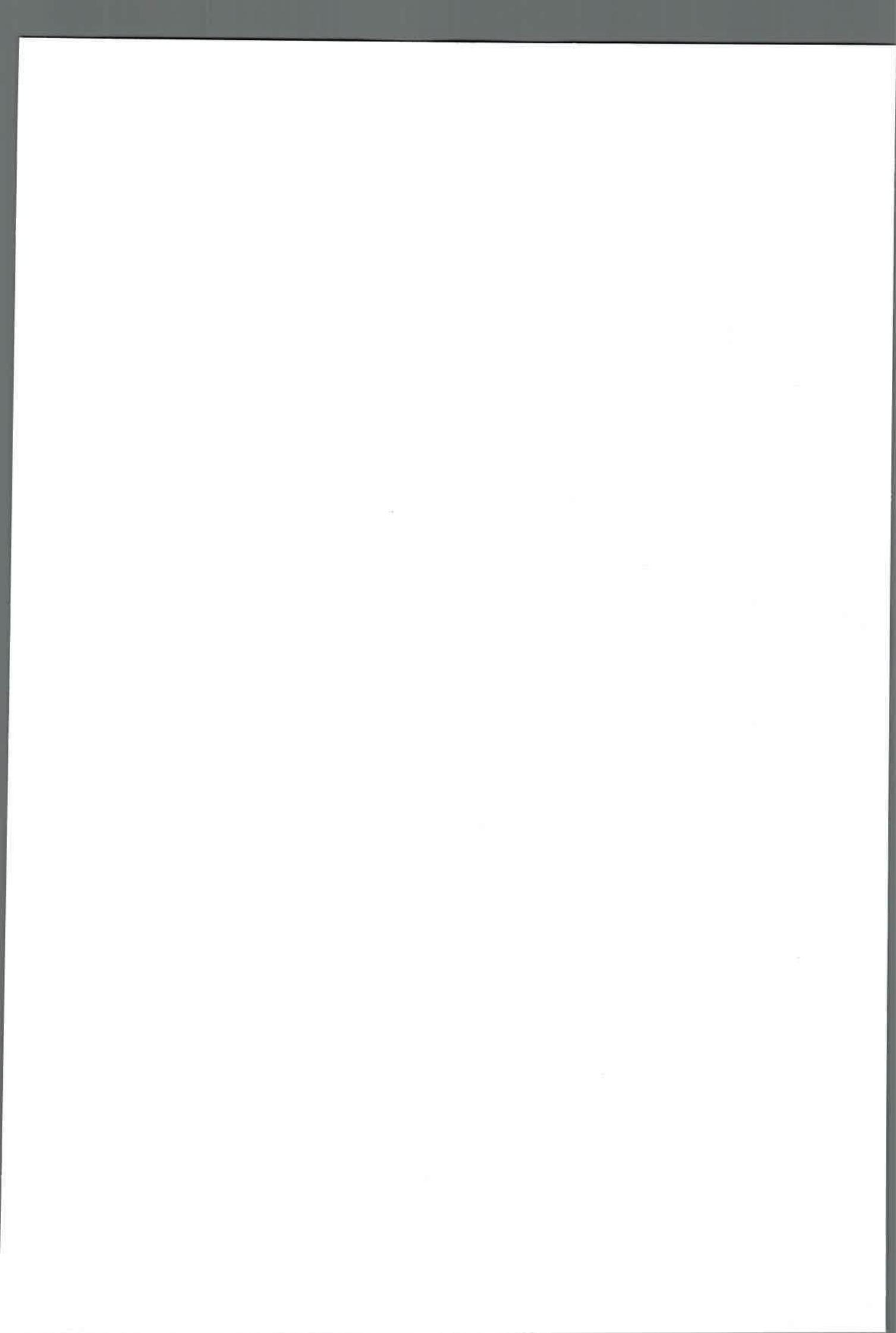
ÍNDICE

	Páginas
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1.-INTRODUCCION	3
1.1 Dieta nutricionalmente equilibrada	7
1.2 Secado	7
1.3 Actividad acuosa	8
1.4 Análisis sensorial	11
1.5 Textura Instrumental	12
1.6 Legislación	16
2.-HIPOTESIS	18
3.- OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos	18
4.-MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1 Formulación nutricionalmente equilibrada	19
4.1.1 Materias primas utilizadas	19
4.1.2 Preparación de los bocaditos	21
4.2 Secado de la formulación	23
4.2.1 Diseño de la prueba de aceptabilidad "Ordenamiento de preferencia	24
4.2.2 Diseño de las curvas experimentales de secado	25
4.2.3 Diseño de la experiencia: Incidencia de las variables del proceso de secado temperatura y tiempo	26
4.2.3.1 Incidencia en la calidad nutricional	27
4.2.3.2 Incidencia en la textura: test sensorial "Prueba de diferencia con un control"	27
4.2.3.3 Incidencia en la textura: test instrumental	30

	Páginas
5.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1 Formulación nutricionalmente equilibrada	32
5.2 Resultados de la prueba de aceptabilidad	32
5.3 Curvas experimentales de secado	36
5.4 Incidencia de las variables del proceso de secado en la calidad Nutricional	38
5.5 Incidencia de las variables del proceso de secado en la textura: test sensorial	43
5.6 Incidencia de las variables del proceso de secado en la textura: test instrumental	47
6.-CONCLUSIÓN	50
7.-RECOMENDACIÓN	51
8.-BIBLIOGRAFÍA	52
9.-ABREVIATURAS	61
ANEXOS	
ANEXO I	62
10.1 Valores percentiles para la distribución ji-cuadrado	62
ANEXO II	63
11.1 Análisis estadístico para los Parámetros de la Información Nutricional	63
11.1.1 Test para Humedad	63
11.1.1.1 Test de normalidad	63
11.1.1.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	64
11.1.1.3 Análisis de Varianza	65
11.1.2. Test para Fibra Bruta	66
11.1.2.1 Test de normalidad	66
11.1.2.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	67



	Páginas
11.1.2.3 Análisis de Varianza	68
11.1.3. Test para Hidratos de Carbono	69
11.1.3.1 Test de normalidad	69
11.1.3.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	70
11.1.3.3 Análisis de Varianza	71
11.1.4. Test para Valor Energético	72
11.1.4.1 Test de normalidad	72
11.1.4.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	73
11.1.4.3 Análisis de Varianza	74
11.1.5. Test para Cenizas	74
11.1.5.1 Test de normalidad	74
11.1.5.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	75
11.1.5.3 Análisis de Varianza	76
11.1.6. Test para Grasas	77
11.1.6.1 Test de normalidad	77
11.1.6.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	78
11.1.6.3 Análisis de Varianza	79
11.1.7. Test para Proteínas	80
11.1.7.1 Test de normalidad	80
11.1.7.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	81
11.1.7.3 Análisis de Varianza	82
11.1.8. Test para Índice de Peróxido	83
11.1.8.1 Test de normalidad	83
11.1.8.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	84
11.1.8.3 Análisis de Varianza	85
ANEXO III	86
12.1 Informe estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 100 °C	86
12.2 Informe estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 100 °C	88
12.3 Informe estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 80 °C	92
12.4 Informe estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 80 °C	94
12.5 Informe estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 70 °C	98
12.6 Informe estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 70 °C	100



	Páginas
ANEXO IV	104
13.1 Análisis estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 100, 80 y 70 °C	104
13.1.1 Test de Normalidad para todos los datos	104
13.1.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	105
13.1.3 Test Shapiro Wilk	106
13.1.4 Test de Homogeneidad de Varianzas	107
13.1.5 Test de ANOVA	108
13.1.6 Test de Tukey	108
13.1.7 Verificación de los supuestos de Normalidad y Heteroscedesticidad del modelo	109
13.1.8 Interpretación de resultados	110
13.2 Análisis estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 100, 80 y 70 °C	111
13.2.1 Test de Normalidad para todos los datos	111
13.2.2 Test de Homogeneidad de Varianzas	112
13.2.3 Test Shapiro Wilk	113
13.2.4 Test de Homogeneidad de Varianzas	114
13.2.5 Test de ANOVA	114
13.2.6 Test de Tukey	115
13.2.7 Verificación de los supuestos de Normalidad y Heteroscedesticidad del modelo	116
13.2.8 Interpretación de resultados	117

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de actividad de agua y estabilidad de alimentos	10
Fig. 2. Curva de TPA obtenida con un equipo Instron (Bourne, 1968)	15
Fig. 3. <i>Amaranthus cruentus</i> variedad Candil	20
Fig. 4. Amaranto popeado (pochocleado)	21
Fig. 5. Mezcla de la fase seca	21
Fig. 6. Mezcla de la fase húmeda	22
Fig. 7. Masa semi-húmeda	23
Fig. 8. Moldeado de los bocaditos	23
Fig. 9. Secado en estufa de convección forzada	24

	Páginas
Fig.10. Bocaditos salados a base de amaranto	24
Fig. 11. Planilla de Ordenamiento de Bocaditos Salados	25
Fig. 12. Bandeja de test de ordenamiento de preferencia	25
Fig. 13. Planilla "Prueba de diferencia con un control	29
Fig. 14. Texturómetro Brookfield	30
Fig. 15. Medidas del bocadito salado sometido a textura	30
Fig. 16. Parámetros seleccionados para el test TPA	31
Fig. 17. Perfil de textura para bocadito salado 80 °C a 16 minutos (Texturómetro Brookfield)	31
Fig. 18. Curvas experimentales de secado de los bocaditos salados a 70, 80 y 100 °C, con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s	37
Fig. 19. Curvas experimentales Isotermas de Sorción a 25 °C, de los bocaditos salados a las temperaturas de secado 70, 80 y 100 °C	37

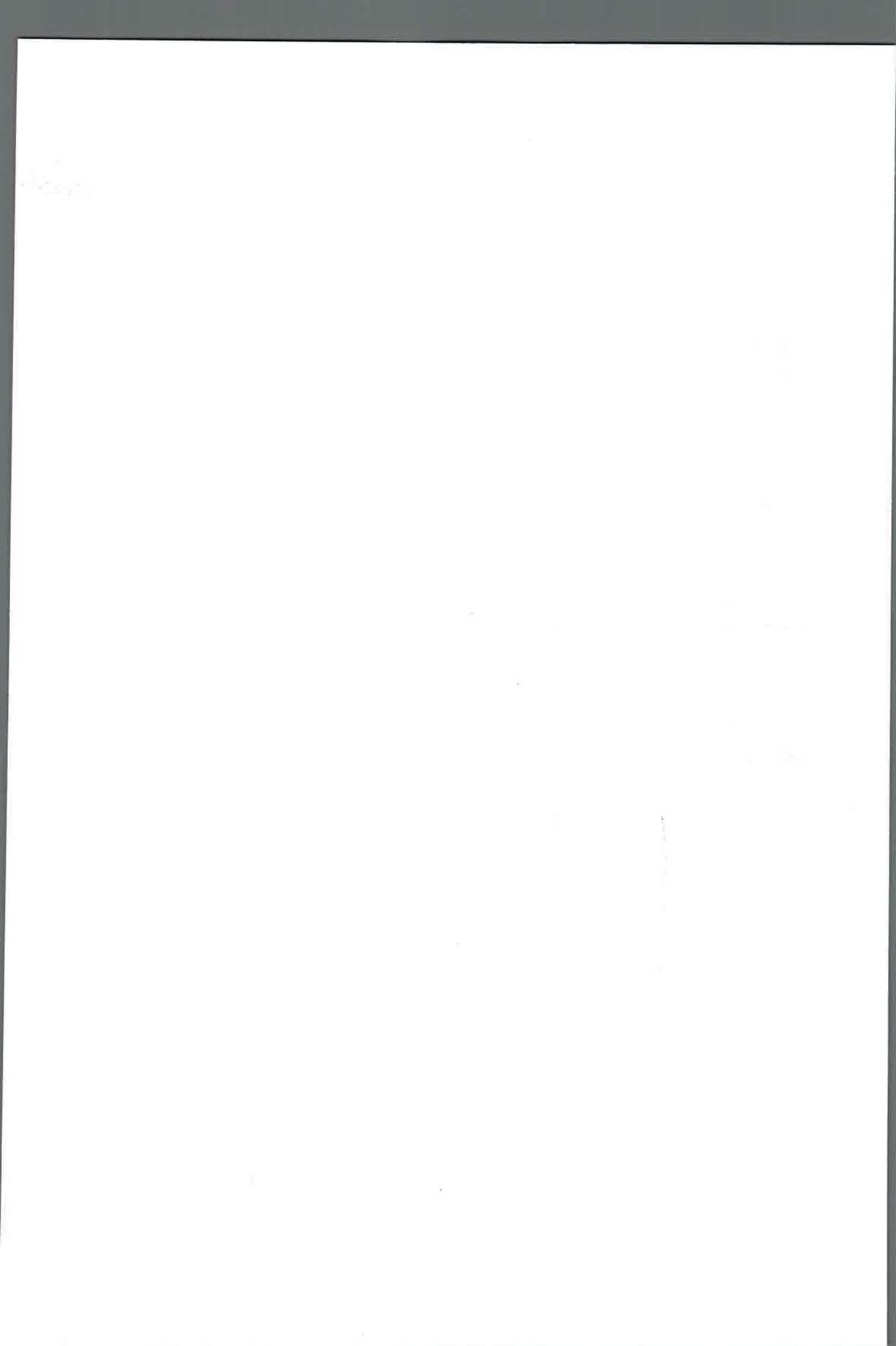
INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición porcentual de ingredientes	22
Tabla 2. Tabla de Ordenamiento de preferencia	33
Tabla 3. Sumatoria de los ordenamientos	35
Tabla 4. Ordenamiento de las 3 muestras	35
Tabla 5. Valores experimentales curvas de secado	36
Tabla 6 Correspondencia de las variables Temperatura y Tiempo a Humedad constante	38
Tabla 7. Resultados experimentales Información Nutricional (Análisis proximal)	39
Tabla 8. Resultados Índice de Peróxido	40
Tabla 9. Resultados del test sensorial	44
Tabla 10. Análisis de Varianza	45
Tabla 11. Cálculo de LSD de Fisher	46
Tabla 12. Diferencia entre Medias	46
Tabla 13. Medias o promedios sensoriales de diferencia de dureza de dos prototipos	46

RESUMEN

Se estudió la influencia de la temperatura y tiempo de secado en bocaditos salados, nutricionalmente equilibrados, a base de amaranto (*Amaranthus cruentus*) popeado, secados a 100 °C durante 14 minutos, con un valor energético y composición en base a 100 g de: Valor energético: 396 Kcal (20% VD); Carbohidratos totales: 55,5 g (18% VD); Proteínas: 19,4 g (26% VD); Grasas totales: 10,8 g (20% VD); Fibra Bruta: 5,3 g (21% VD); Cenizas: 3,5 g y Calcio 246,2 mg (24,6% VD), valores diarios (VD) en base a una dieta de 2 000 kcal, humedad de 14,7% en base seca y una actividad acuosa de 0,593, valor de confianza en la prevención del desarrollo de bacterias, mohos y levaduras, medida con equipo AquaLab Serie 3TE. Manteniendo la humedad constante, las nuevas condiciones operativas seleccionadas a partir de las curvas de secado y las isotermas de sorción fueron: 70 °C durante 17 minutos y 80 °C durante 16 minutos. Se evaluó dicha incidencia mediante ensayos físico-químicos, determinando los valores nutricionales y las condiciones organolépticas mediante análisis sensorial por un test de degustación "Prueba de diferencia con un control" midiendo el descriptor dureza como parámetro de calidad, el resultado de este último se contrastó en forma instrumental con un texturómetro TexturePro CT. Los valores nutricionales del producto final no evidenciaron diferencia significativa ($p>0,05$) entre las medias de las temperaturas a 70, 80 y 100 °C. El test sensorial y el test de textura medido instrumentalmente no mostraron diferencia significativa para las muestras de 100 °C-14 minutos y 80 °C-16 minutos, pero si hubo diferencia significativa para la muestra de 70 °C-17 minutos. Se concluye que en las condiciones estudiadas las variables temperatura y tiempo no influyen en los parámetros nutricionales desde el análisis proximal, pero si sensorialmente, lo cual es un aspecto importante de calidad al seleccionar las variables de proceso.

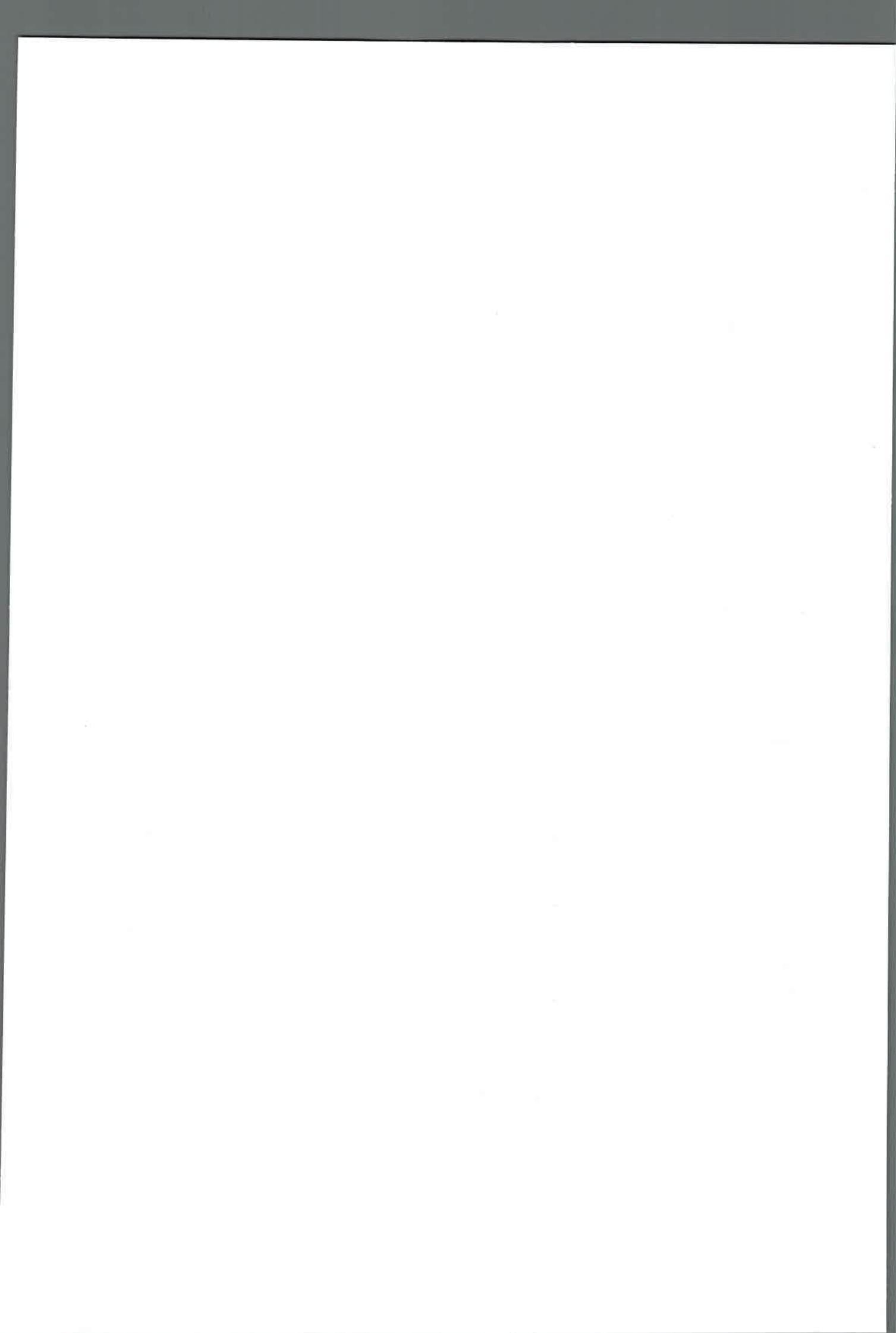
Palabras clave: amaranto, bocadito salado, nutricionalmente equilibrado, secado.



ABSTRACT

The influence of temperature and drying time was studied in salty snacks, nutritionally balanced, popped amaranth as a main ingredient (*Amaranthus cruentus*), dried at 100 °C for 14 minutes, energy value and composition based on 100 g: Calories: 396 kcal (20% DV); Total Carbohydrates: 55.5 g (18% DV); Protein: 19.4 g (26% DV); Total Fat : 10.8 g (20% DV); Crude Fiber: 5.3 g (21% DV); Ash: 3.5 g Calcium 246,2 mg (24.6% DV) Daily Values (DV) based on a diet of 2 000 kcal, 14.7% moisture on a dry basis and a water activity of 0.593, preventing the growth of bacteria, molds and yeasts, measured with equipment AquaLab Series 3TE. Maintaining constant humidity, new operational conditions from the drying curves and sorption isotherms were selected: 70 °C for 17 minutes and 80 °C for 16 minutes. The impact of process variables, temperature and time on the new working conditions was evaluated by physical-chemical tests, determining the nutritional values and organoleptic conditions by sensory analysis by a tasting test "Test difference with control" measuring hardness descriptor as quality parameter, this result is contrasted with an instrumental texturometer TexturePro CT. The nutritional value of the final product showed no significant difference ($p>0.05$) between the mean temperatures at 70, 80 and 100 °C. The sensory test and instrumentally measured texture test showed no significant difference for samples of 100 °C-14 minutes and 80 °C-16 minutes, but significant difference for the sample of 70 °C-17 minutes was found. It is concluded that under the conditions studied the time and temperature variables do not influence the nutritional parameters from the proximal analysis, but if sensory, which is an important quality aspect in selecting process variables.

Key words: amaranth, salty snack, nutritionally balanced, drying.



1.- INTRODUCCIÓN

La nutrición es un proceso muy complejo que va de lo celular a lo social y, en términos generales, se lo define como el conjunto de fenómenos mediante los cuales se obtienen, utilizan y excretan las sustancias nutritivas. En esta definición está implícito el concepto de nutrimento, que se refiere a la unidad funcional mínima que la célula utiliza para el metabolismo intermedio y que proviene de la alimentación. En la naturaleza los nutrimentos se encuentran en forma de polímeros: los aminoácidos forman parte de una estructura mayor, las proteínas, los monosacáridos de los carbohidratos y los ácidos grasos de los acilglicerolés (Kirk *et al.*, 1996)

La industria de los alimentos está en permanente desarrollo siendo necesaria la innovación de productos buscando alimentos seguros y saludables. Los alimentos funcionales, consumidos como parte de una dieta equilibrada y acompañados de un estilo de vida saludable, ofrecen la posibilidad de mejorar la salud y/o prevenir ciertas enfermedades.

El amaranto (*Amaranthus* spp), posee propiedades nutricionales, agronómicas e industriales, que lo convierte en “el mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano”, designación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias de los EEUU en 1979. Esta categorización se debe a la alta calidad de sus proteínas por su perfil de aminoácidos esenciales, que permiten la elaboración de una gran gama de productos terminados de buena aceptación y por su excelente relación de costo-beneficio en términos nutricionales.

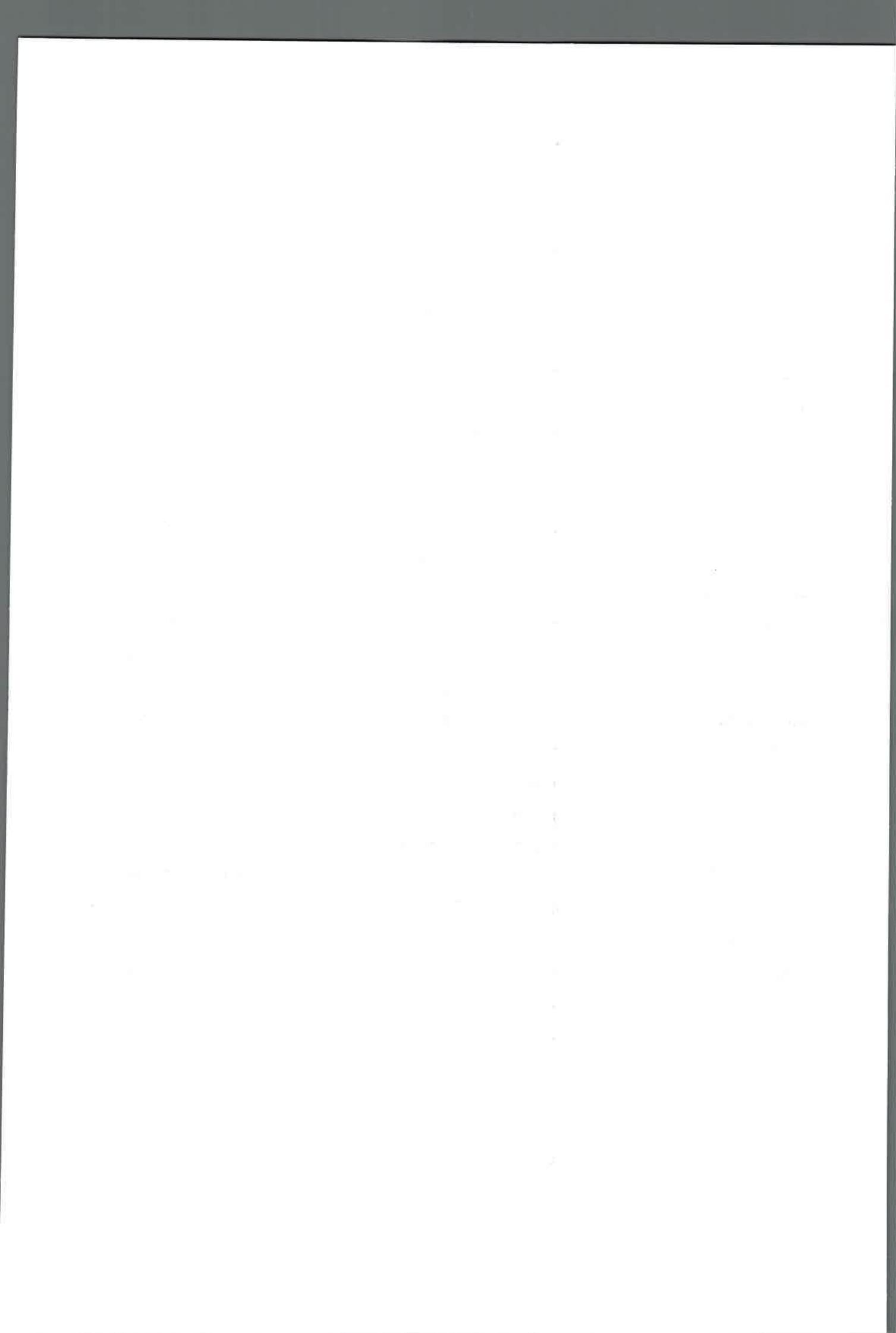
Es importante notar que el consumo de amaranto es una tradición milenaria en Centro América. Fue cultivado principalmente entre las civilizaciones prehispánicas del Nuevo Mundo. Su presencia data de cerca del año 4000 a.C. en América Latina. El amaranto o Kiwicha es una planta originaria de América Central, muy común en la dieta pre-colombina (Tosi *et al.*, 2001; Marcílio *et al.*, 2003). En las últimas décadas, no sólo se ha cultivado en América Central sino también se expandió por América Latina, Asia, Europa y algunos países de África

(Escudero *et al.*, 2004). Actualmente el principal productor de amaranto es China con 150 000 ha cultivadas, seguida por India, Perú (1 800 ha), México (900 ha) y Estados Unidos (500 ha).

En Argentina su cultivo se practicaba originalmente en Jujuy (Purmamarca, Humahuaca), Salta (Pampa Grande), Tucumán y Catamarca, en pequeñas parcelas cerca de viviendas de agricultores. En la provincia de Santa Fe existe una pequeña producción en la localidad de Reconquista. En la actualidad la siembra se ha concentrado en las provincias de Córdoba y San Luis, siendo su producción aproximadamente de 150 ha y en actual crecimiento (COFECYT, 2004).

Es una planta herbácea o arbustiva de hojas amplias y abundantes, de color brillante, espigas y flores púrpuras, naranjas, rojas y doradas. Es una especie anual que puede ir de 0,5 a 3 m de altura, teniendo un ciclo vegetativo promedio de 180 días, desde que germina hasta que la semilla alcanza su madurez. Tiene una panícula (panoja) parecida al sorgo, formada por muchas espigas que contienen numerosas florcitas donde se alojan las semillas en abundancia. El rendimiento es de 1 500 kg/ha aproximadamente, dependiendo de la variedad. Cada planta puede dar entre 45 y 95 g de grano. Estas semillas tienen propiedades particulares, se pueden conservar por tiempo prolongado sin que pierdan sus propiedades. En la actualidad es aprovechada casi toda la planta del amaranto: los tallos tiernos se consumen como verdura y sus hojas se guisan; pero la parte más utilizada es la semilla, ingrediente básico en incontables alimentos, principalmente la típica "alegría", que hasta hoy es elaborada con un proceso similar al que se usaba en tiempos de Moctezuma. Se puede usar la hoja fresca y seca, el grano seco molido, el grano seco reventado y muchas combinaciones como mezclador alimenticio. No es panificable por la ausencia de gluten, pero se usa para mejorar el valor nutritivo del producto (Mujica Sánchez *et al.*, 1997).

Con amaranto se preparan atoles, papillas y mazapanes. Estos productos de amaranto se siguen mejorando por combinaciones de harinas, para aportar alimentos de alto contenido nutritivo y gustativo, dirigido a la nutrición de niños,





desde muy temprana edad. Ha sido considerado por la Organización Mundial de la Salud como uno de los alimentos recomendados. Su contenido proteico oscila entre 14 y 18%, es de alta calidad por su alto contenido en aminoácidos esenciales en particular lisina (Betschart *et al.*, 1981; Bressani, 1989) contiene entre 5 y 8% de aceite con un atractivo balance de ácidos grasos saturados, monosaturados y poliinsaturados, considerado además como fuente vegetal rica en escualeno (Becker *et al.*, 1981; Becker, 1989; Khor y Chieng, 1997).

Al grano de amaranto, se le pueden aplicar distintos procesos de cocción de los cuales el más utilizado es el proceso de expansión o pochocleado dando un producto que se puede consumir como tal o en la preparación de otros alimentos (Bressani *et al.*, 1987; Bressani, 1989; Breene, 1991; Tovar *et al.*, 1994; Schnetzler y Breene; 1994; Bressani y Estrada 1994). En este sentido, diversos estudios indican que usando amaranto procesado térmicamente se mejora la relación de eficiencia proteínica (PER), así como la digestibilidad y la destrucción de factores antinutricionales, lo que hace más nutritiva a la semilla (Bressani *et al.*, 1992). Sobre la base de su poder nutricional se han desarrollado estudios para optimizar las cualidades nutricionales y transformarlo en productos terminados, tales como las barras alimenticias nutricionales, productos especialmente diseñados para contribuir a optimizar el rendimiento físico y proporcionar energía (Couquejriot, 2003). Los cereales precocidos diseñados para ser consumidos en el desayuno son considerados como alimentos funcionales, se encuentran en el mercado un sin número de variedades (Lñarrute, 2001). Como alternativa de consumo de cereales "listos para comer" nacen las barras, en este trabajo los bocaditos salados, éstos tienen la misma estructura de las barras pero de menor tamaño.

Los aglutinantes exentos de azúcar sirven como medio de cohesión para la elaboración de productos alimenticios que contienen preferentemente granulados. Además, la aptitud a la gelificación es una propiedad funcional importante de muchas proteínas.

Se denomina gelificación cuando las moléculas desnaturalizadas se agregan para formar una red proteica ordenada, mejoran la absorción de agua, el

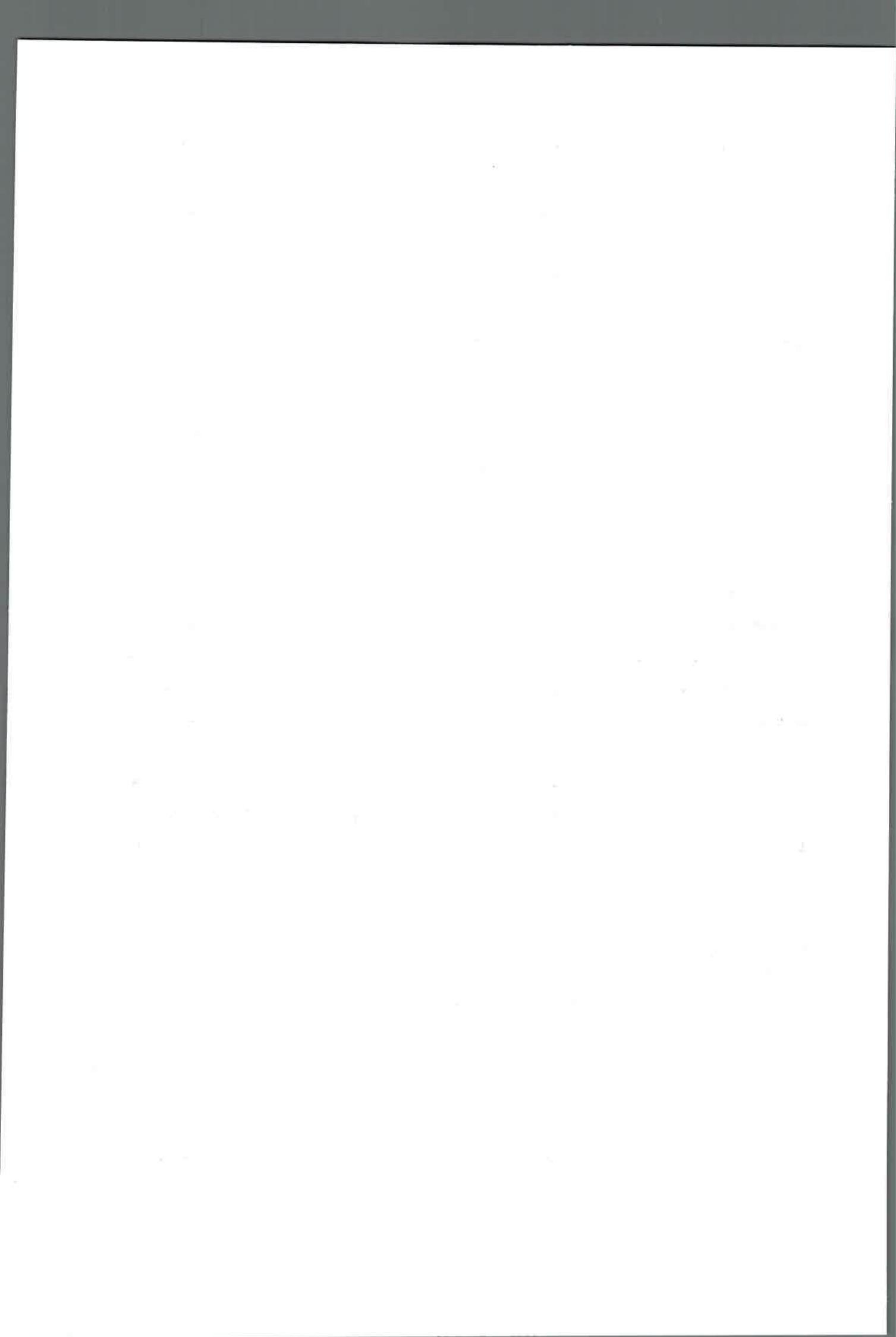
espesado, la unión de partículas (adhesión), estabilizan emulsiones y espumas. En la mayoría de los casos es indispensable un tratamiento térmico para conseguir la gelificación. La adición de sales, aumenta la velocidad de la misma y /o su firmeza. Las proteínas de la clara de huevo son con frecuencia consideradas como el mejor agente gelificante o ligante, se produce en una zona de pH (3 a 11) cuando la concentración proteica es superior a 5%. (Schmidt, 1979).

Otra proteína natural pura de origen animal que contienen colágeno, es la gelatina, con funciones gelificante, espesante, formación de espuma, estabilizante, aglutinante de agua, además sin purinas ni grasas (GME, 2012). Ambas proteínas constituyen la fase húmeda de los bocaditos salados.

Considerando un alimento en su totalidad, de acuerdo al concepto de perfil nutricional para productos formulados (López López, *et al.*, 2009; Rayner, *et al.*, 2011), para estudiar los factores que determinan sus propiedades: que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor, resultan importantes las determinaciones relacionadas con la caracterización de algún grupo de nutrientes en particular agua, extracto etéreo, proteína cruda, cenizas y extracto no nitrogenado.

La mayoría de los alimentos son susceptibles al deterioro, lo que causa su descomposición en el tiempo e influye en la calidad e inocuidad del mismo, considerando su composición y el proceso al que es sometido (Casp y April, 1999). En los alimentos que contienen grasas predominan las reacciones de oxidación. La autooxidación es un fenómeno espontaneo e inevitable que afecta directamente el valor comercial del producto (Silva *et al.*, 1999), este fenómeno también inicia otros cambios en los alimentos que afectan su calidad nutricional y atributos sensoriales (Shahidi, 2004). Uno de los factores que influye en la oxidación de las grasas es la concentración de ácidos grasos insaturados.

Las proteínas sufren desnaturalización, modificación de su conformación por diversos factores dentro de los que se encuentra el calor (Belitz y Grosch, 1988; Dondero, 1990). Al aplicar tratamientos térmicos a los alimentos se producen alteraciones químicas de residuos de aminoácidos con formación de nuevos enlaces covalentes intra o intermoleculares. Estos cambios pueden alterar



las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas (Phillips y Finley, 1989; Hurrell y Finot, 1985) y dependen de las condiciones de tiempo y temperatura de los tratamientos aplicados (Fernema, 1985; Chan *et al.*, 1993).

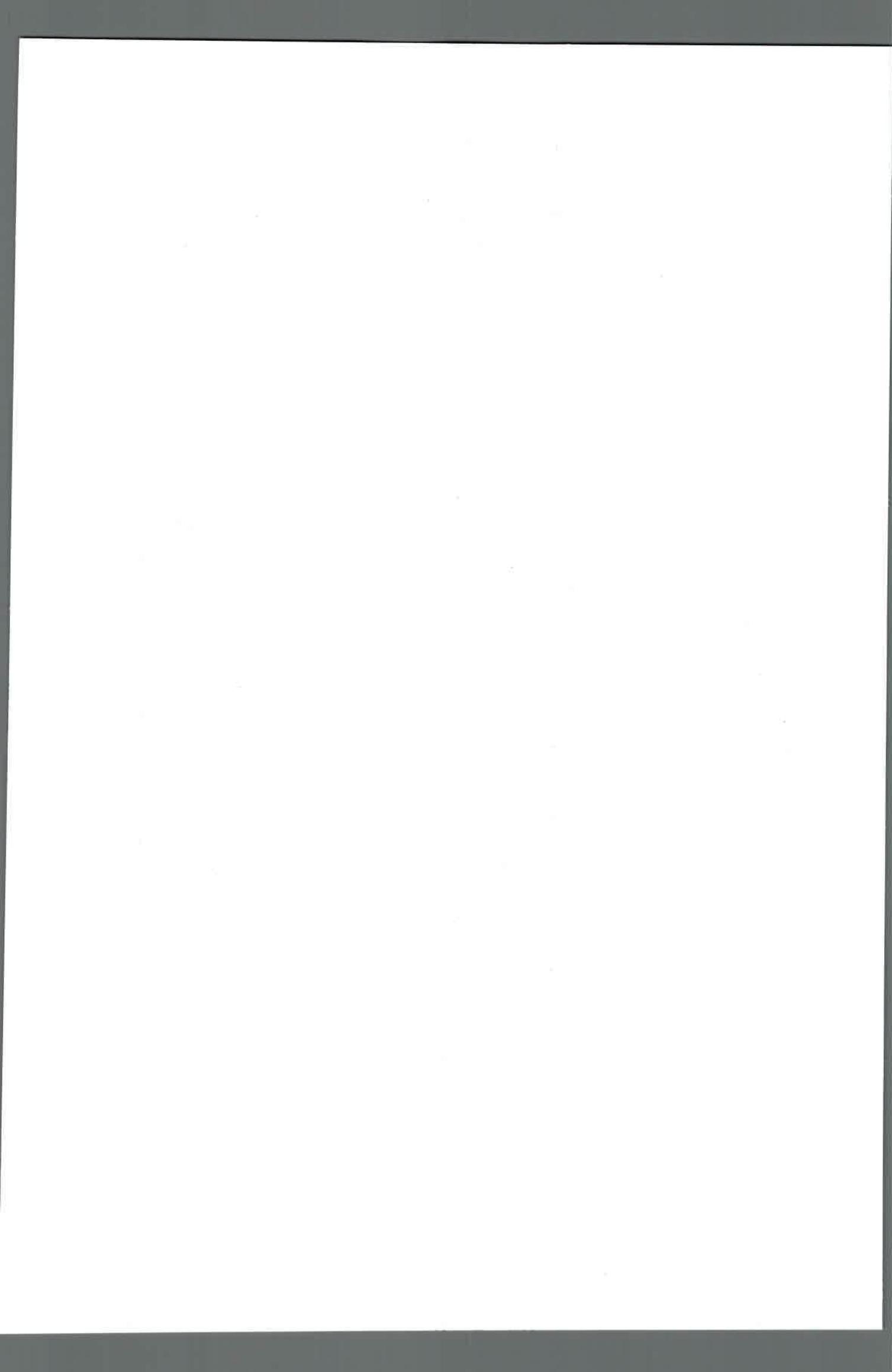
Es tema del presente trabajo evaluar la influencia de las variables de proceso: temperatura y tiempo de exposición sobre los componentes nutricionales desde el análisis proximal en las nuevas condiciones operativas del proceso de secado, para llegar a la misma humedad final en los bocaditos.

1.1- Dieta nutricionalmente equilibrada

Una dieta equilibrada debe proveer las calorías suficientes requeridas por el individuo para su crecimiento, mantenimiento metabólico y desarrollo de actividades. Además, la dieta debe incluir proteínas de buen valor biológico que contribuyan a la formación de masa muscular en personas en etapa de crecimiento. De las kilocalorías aportadas por los diferentes grupos de alimentos, entre el 55 al 65% de las mismas debe provenir de glúcidos, en tanto que 20 al 25% deben provenir de lípidos y entre un 10 al 15% deben ser provistos por proteínas (Latham, 2002). El principal interés desde el punto de vista nutricional, consiste en proporcionar una dieta suficientemente rica en calorías y proteínas. Una de las deficiencias en la dieta observada en la Argentina a partir de la agudización de la crisis económica es la carencia de proteínas en general, de alta calidad en particular (carne, leche, huevos). En este sentido, el amaranto contiene 17% proteínas, carbohidratos asimilables, vitaminas y minerales. El 20% de las proteínas en las semillas de amaranto corresponden a las globulinas ricas en lisina y en aminoácidos azufrados, los cuales son esenciales para la salud, dando como resultado la combinación que cumple con los requerimientos recomendados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1985), para una óptima nutrición humana.

1.2-Secado

El secado, proceso de importancia en la producción de alimentos, cuyo propósito es reducir el contenido de humedad a los fines de lograr largos períodos



de almacenamiento, conservando la calidad sensorial, nutricional e inocuidad del producto. Este proceso no sólo afecta el contenido en agua del producto sino que también altera otras propiedades físicas, químicas y biológicas, tales como la actividad enzimática, actividad microbiana, textura, viscosidad, dureza, aroma, gusto y sabor de los alimentos.

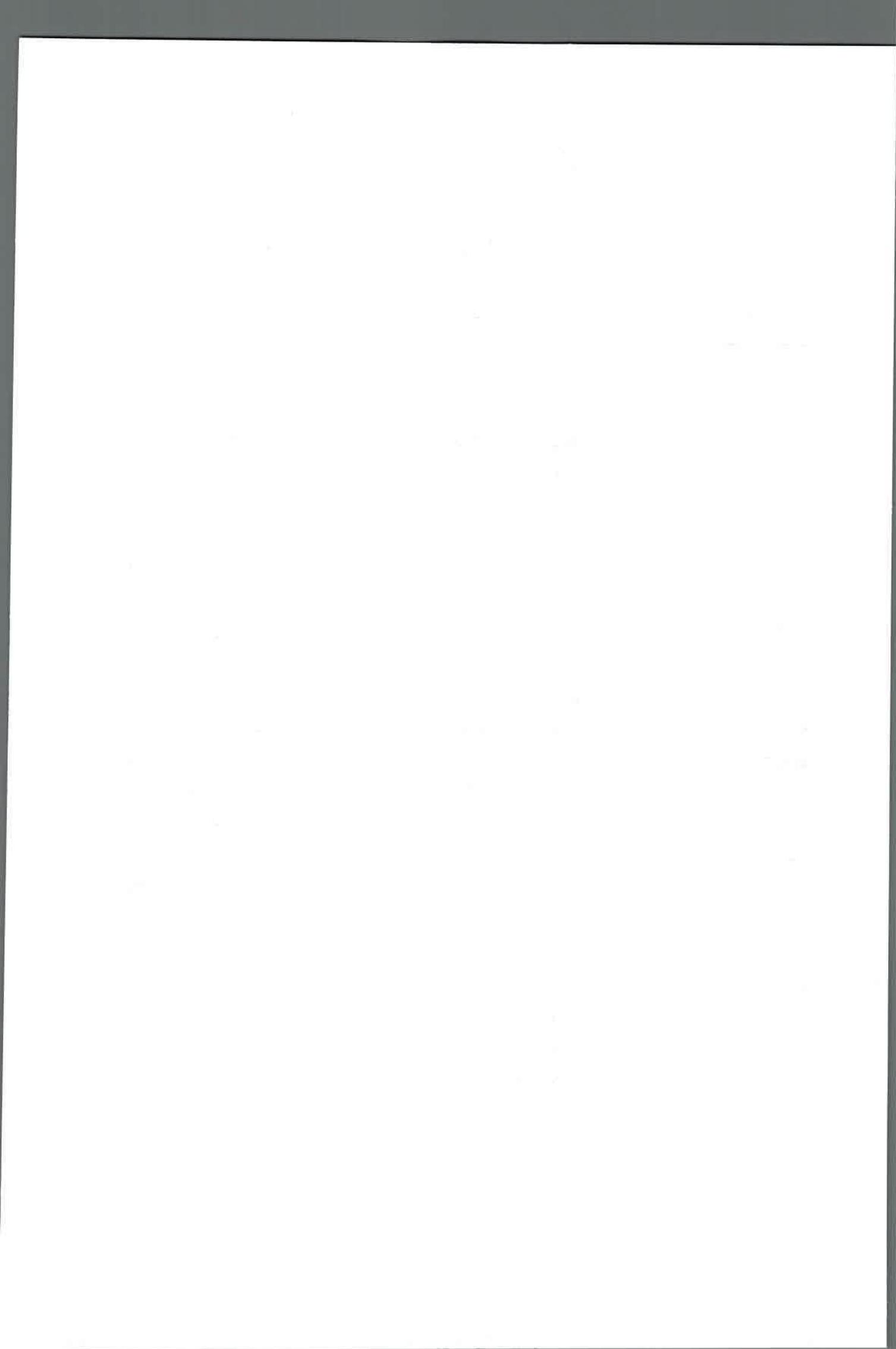
Los cambios físicos y químicos durante una operación de secado pueden potenciar ciertas características de los productos, pero también disminuir la cantidad de nutrientes y sus propiedades organolépticas. Sin embargo, con un adecuado manejo, estas reacciones y cambios físicos pueden asegurar un alimento con un alto contenido en nutrientes y aumentar significativamente su vida media comercial. A partir de los estudios de secado se busca reducir el tiempo de residencia en la secadora con el fin de minimizar la merma nutricional del producto (Barbosa Cánovas y Vega Mercado, 2000).

1.3- Actividad acuosa

Todo alimento es un producto húmedo que puede ser considerado como un sistema formado por un sustrato seco, al que lo acompaña cierta cantidad de agua unida a él. Las fuerzas que ligan el agua a la materia seca son de diversos tipos y dependen de la naturaleza del producto. Cuando el agua se encuentra en un alimento en forma de humedad, debido a que la materia limita su "libertad", no hace la misma presión de vapor que haría a la misma temperatura si estuviera en estado puro. Es decir, que la presión de vapor en equilibrio con el alimento p_A , es menor que la de saturación a las condiciones dadas p_{AS} .

Un indicador directo del "grado de libertad" del agua que tiene un producto es la comparación del valor de la presión de vapor en equilibrio con la presión de saturación correspondiente a la misma temperatura. Este parámetro es llamado **actividad de agua** a_w , y se define como la relación de la presión de vapor de agua de un material y la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura.

$$a_w = \frac{p_A}{p_{AS}}$$



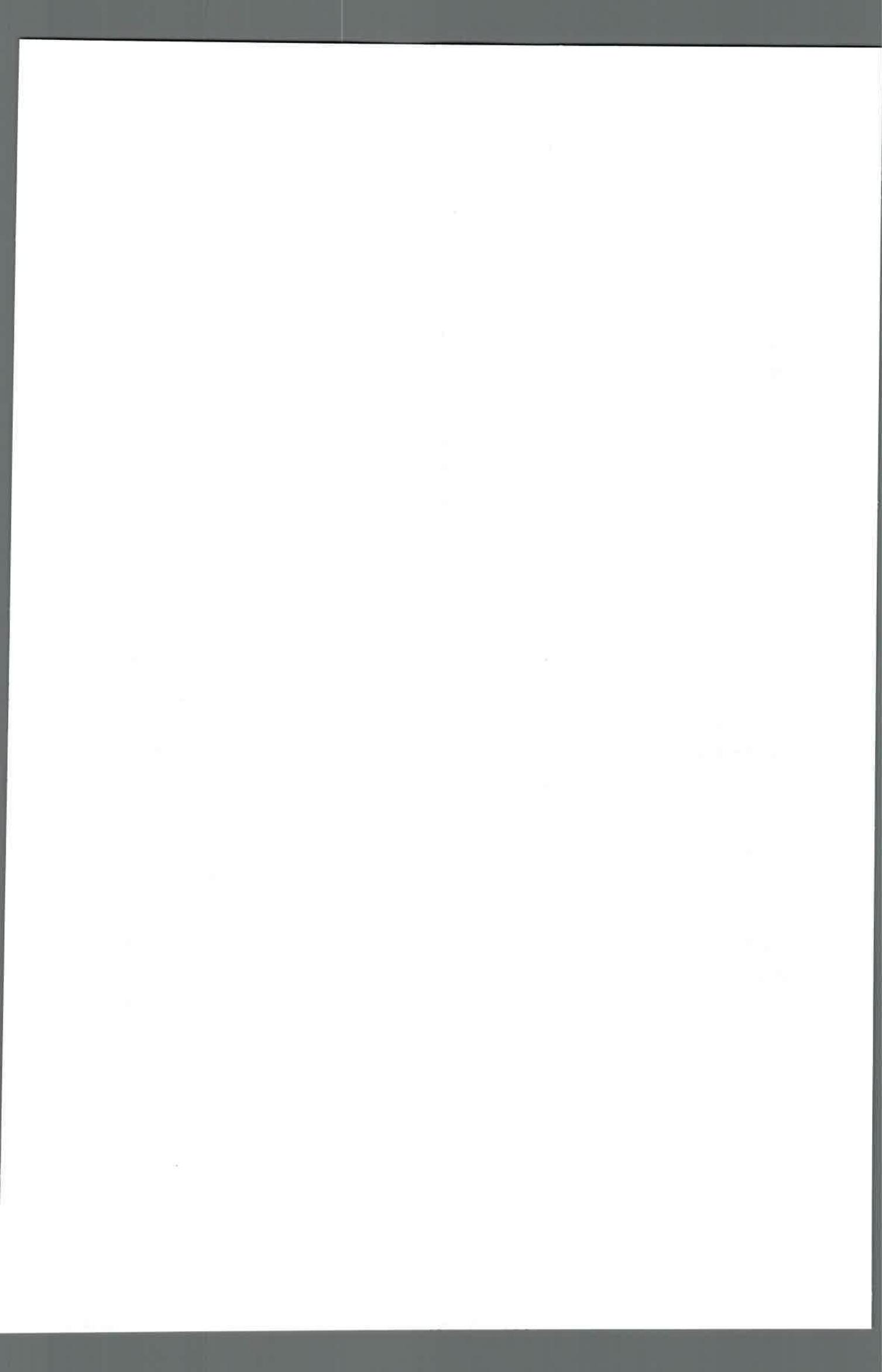
La actividad de agua adopta valores entre 0 y 1, siendo más baja mientras más fuerte se encuentre ligada el agua al material y, tiende a la unidad, cuando está tan débilmente adherida que su comportamiento se acerca al de su estado libre o puro. En el secado las moléculas de agua menos ligadas son las primeras que se remueven y las últimas son las que se encuentran unidas fuertemente a las macromoléculas orgánicas del extracto seco.

Puede distinguirse tres zonas:

- a) $0 < a_w < 0,2$: agua fuertemente ligada, rígida, en forma de capa monomolecular sobre grandes moléculas polares.
- b) $0,2 < a_w < 0,6$: en este tramo lineal el agua está semi-rígida o "pseudolíquida".
- c) $a_w > 0,6$: el agua está "libre", en estado líquido, retenida solamente por fuerzas de capilaridad.

Fueron los microbiólogos quienes primero demostraron que la a_w , más que la humedad, es el parámetro que controla el crecimiento, supervivencia, esporulación, muerte o producción de toxinas de los microorganismos (Mossel y Westerdijk, 1949; Bryce y Pearce, 1946; Scott, 1953, 1957). Según un artículo de investigación de Scott, se reporta que la mayoría de las bacterias no crecen en ambientes que tengan menos de 0,91 de actividad de agua; lo mismo ocurre para los hongos bajo 0,8 de a_w . La relación que existe entre la a_w y la velocidad de las reacciones de deterioro en alimentos se muestra en la (Fig. 1) (Labuza *et al.*, 1972a, 1972b). Con una reducción de la a_w a un valor de 0,7 se prevendría el desarrollo microbiológico, sin embargo, es necesaria la prevención de otras reacciones de deterioro. Se logra una exitosa preservación de productos alimenticios a una actividad acuosa por debajo de un valor de 0,3.

Posteriormente otros investigadores encontraron resultados que indican que la actividad de agua modifica la sensibilidad de los microorganismos al calor, la luz y los productos químicos (Troller, 1973).



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

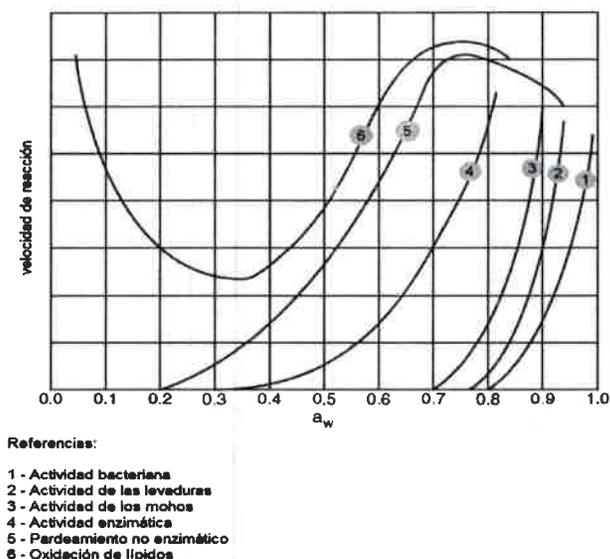


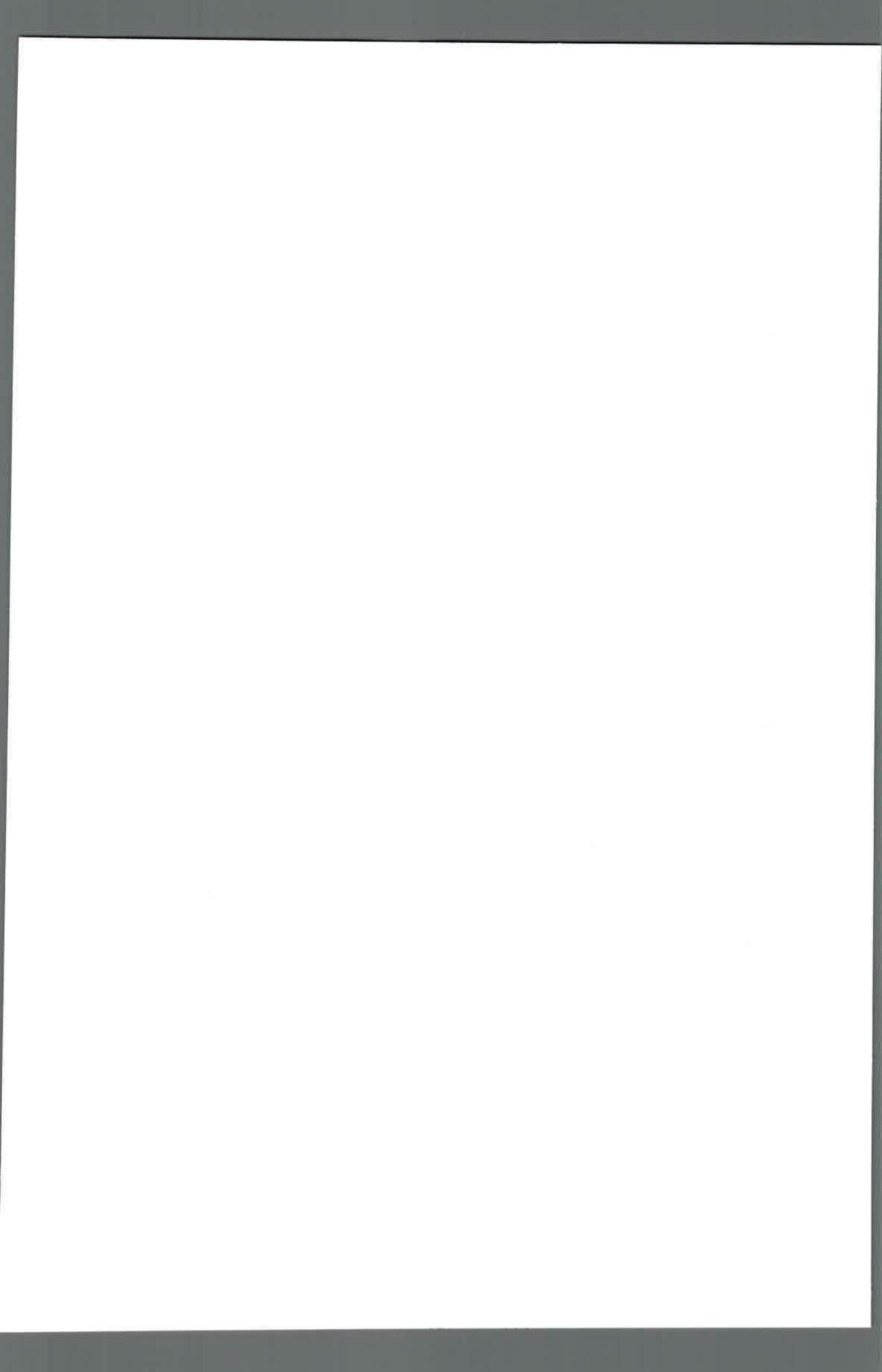
Fig. 1 Diagrama de actividad de agua y estabilidad de alimentos.

La a_w tiene efectos sobre las reacciones de deterioro de los alimentos, actuando bien como reactante, en el caso de la hidrólisis de la sacarosa, o bien como solvente teniendo efecto de dilución de los sustratos, reduciendo la velocidad de reacción (Leung, 1987).

En cuanto a los lípidos, la a_w baja, especialmente cuando hay presentes grasas insaturadas, propicia la rancidez oxidativa. Para el caso del pardeamiento, las energías de activación para la formación de los compuestos de Amadori (compuestos de Amadori: son productos intermediarios en la formación de un producto final de glucosilación avanzada (AGE), que se obtienen a partir de una base de Schiff) decrecen con el incremento de a_w y se vuelven muy independientes de la temperatura para valores de la actividad superiores a 0,5 (Robertson, 1993).

La pérdida de las vitaminas A, B1, B2 y C aumenta con la a_w entre 0,24 y 0,65. El ácido ascórbico se deteriora en forma exponencial con el incremento de a_w (Kirk, 1981).

Las reacciones enzimáticas en alimentos a bajos contenidos de agua, por debajo del valor de monocapa, no ocurren o son muy lentas. Este hecho se debe a



la pérdida de movilidad del sustrato y no difunde a los sitios activos de las enzimas (Karel, 1975).

Una línea muy activa de trabajo entre algunos investigadores es el estudio del efecto de la actividad de agua en la textura de los alimentos. Se acepta que se requiere mucha investigación para construir una teoría que permita relacionar y predecir la evolución de la textura de un alimento para distintos valores de esta propiedad (Bourne, 1987).

Además del control de los problemas microbiológicos, la teoría de a_w puede aplicarse directamente a muchos problemas industriales como: la deshidratación, el desarrollo de productos de humedad intermedia, estabilización de sabor, color y textura.

Debido a las diversas formas en las que se presenta el agua en los alimentos no permiten predecir el curso de las isotermas de sorción de humedad, es decir, predeterminar el contenido de agua en equilibrio de un producto a una presión de vapor de determinado ambiente al que está expuesto. Si se desea conocer este comportamiento, es necesaria determinarlo experimentalmente (Spiess y Wolf, 1987).

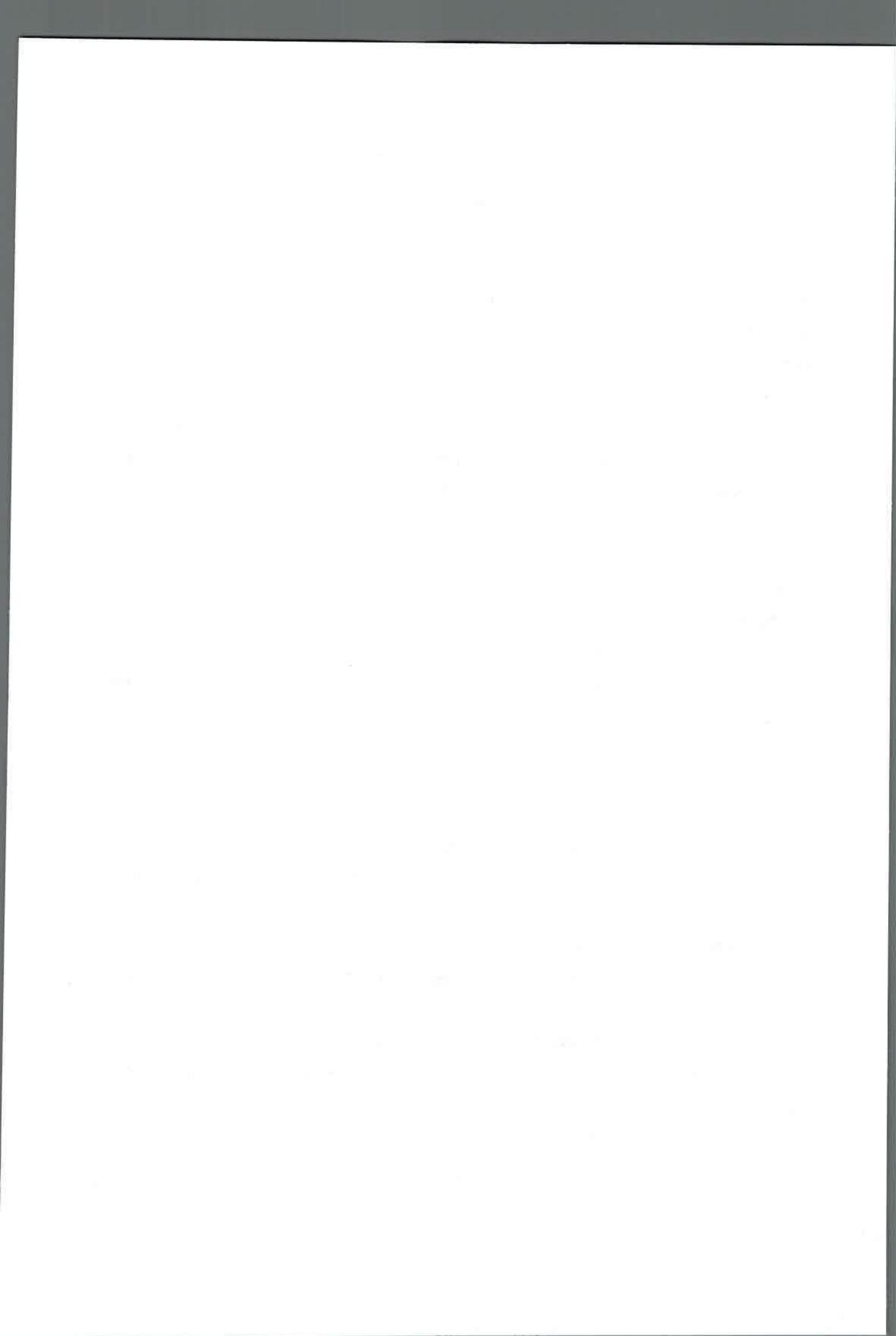
1.4-Análisis sensorial

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

Existen diversos métodos, entre otros:

a) **Ordenamiento de preferencia:** se utiliza éste método cuando el objetivo es comparar la preferencia de más de dos muestras. También se utiliza como prueba de discriminación cuando se quiere ordenar una serie de muestras según un atributo, por ejemplo: sabor. Es un método sencillo y de fácil comprensión por parte de los consumidores.

Como pre-selección a un estudio más amplio de preferencia, se realiza un ensayo con 35 evaluadores no entrenados.



b) Prueba de diferencia con un control: se utiliza cuando se quiere alcanzar dos objetivos:

- 1.- determinar si existen diferencias entre una o más muestras con respecto a un control.
- 2.- estimar el tamaño de las diferencias.

La prueba puede utilizarse para medir la diferencia global, o medir la diferencia de un atributo. Esta prueba es útil en situaciones en que la diferencia es detectable, pero donde el tamaño de la diferencia puede afectar las decisiones a tomar. Este es el caso de alimentos que son naturalmente heterogéneos como los bocaditos salados.

1.5-Textura Instrumental

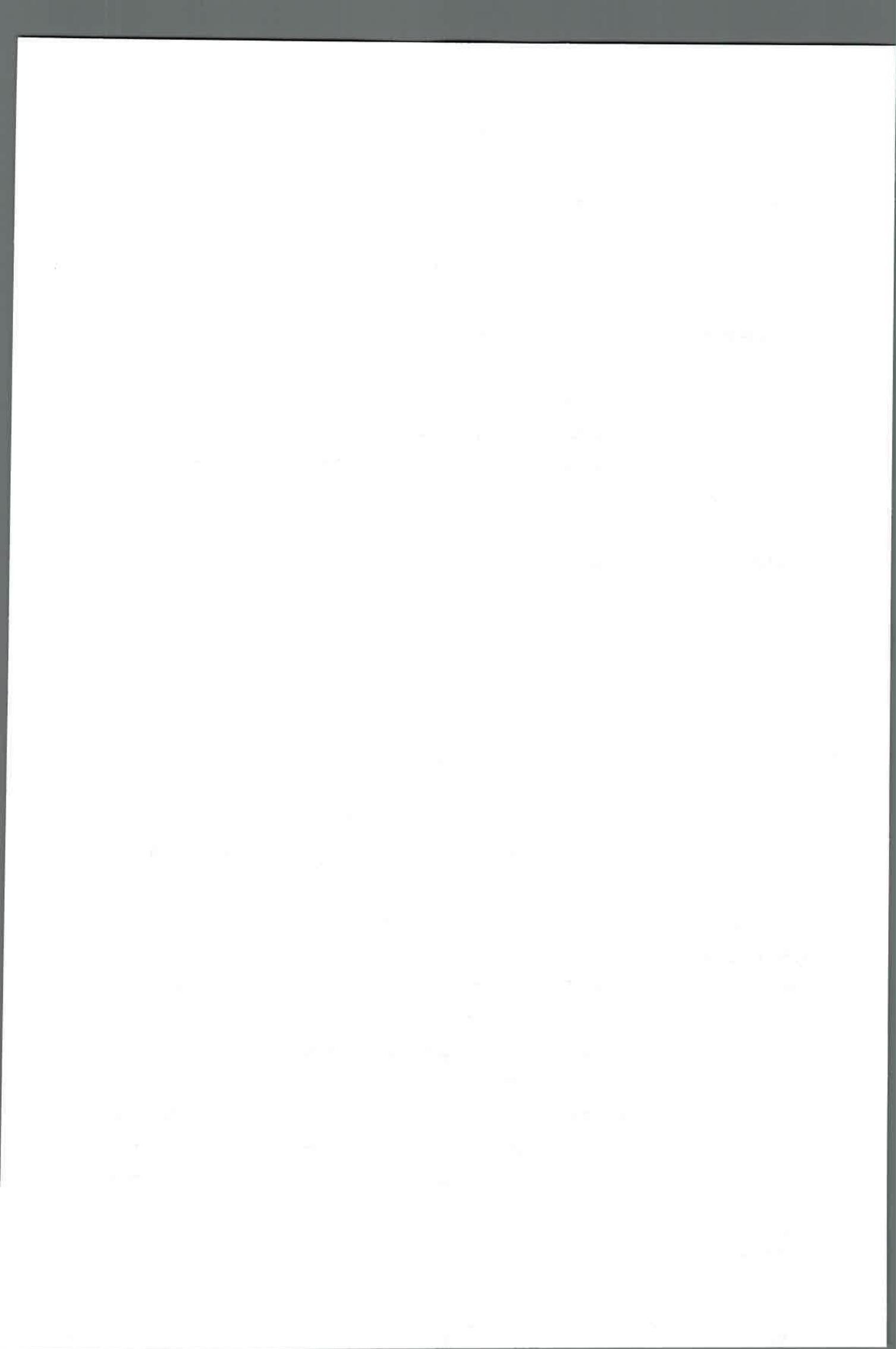
El desarrollo de un método instrumental para la medida completa de la textura es un objetivo largamente perseguido en el área de la tecnología de los alimentos. Una de las técnicas instrumentales más valoradas para la medición simultánea de varios parámetros de textura es el análisis de perfil de textura instrumental.

El origen del análisis de perfil de textura (TPA), pieza clave del puente entre las evaluaciones sensorial e instrumental de la textura, fue la clasificación de las características de textura realizadas por el equipo de investigadores dirigido por Szczesniak a principios de la década de los años 60 en los Estados Unidos (Friedman *et al.*, 1963).

El método del TPA original proviene del uso del texturómetro ideado por el grupo de investigadores de la compañía General Food (GF) y constituyó uno de los mayores avances en el campo del análisis instrumental. Este aparato fue ideado para imitar la acción de la masticación humana.

El método consiste en la aplicación de dos ciclos consecutivos de compresión a una muestra de alimento.

Algunas características del diseño del equipo conllevaban una serie de desventajas a la hora de interpretar los resultados. Por ejemplo, la velocidad de bajada del émbolo no era constante durante el ensayo y además se movía



siguiendo un arco de círculo con lo que un borde del mismo tocaba la muestra antes que el resto, aumentando el área de contacto durante la bajada. Debido a estos inconvenientes el método se fue adaptando a una instrumentación más moderna.

La adaptación que hizo Bourne (1968), para la aplicación de esta metodología con un equipo Instron fue un hito importantísimo en su desarrollo. Estos autores apuntaron que este instrumento corregía muchas de las desventajas antes señaladas tales como:

- 1.- La velocidad del embolo es constante durante todos los movimientos del ensayo.
- 2.- El émbolo se mueve de modo axial y perpendicular a la muestra con lo que el área de contacto con el alimento es constante durante toda la compresión.
- 3.- El papel del registro es sincrónico con el movimiento de la célula. En los equipos modernos es informatizado y las curvas se obtienen en la pantalla de un ordenador en tiempo real.

Todas estas mejoras instrumentales, permiten un mayor control de las condiciones experimentales que conlleva una mejor interpretación de los resultados. Los parámetros definidos por Bourne (1978) para su registro con un texturómetro universal fueron:

- 1.- Fracturabilidad (originalmente llamado “fragilidad”):** la fuerza de la primera rotura significativa que puede identificarse como un punto de inflexión.
- 2.- Dureza:** el pico de fuerza durante el primer ciclo de compresión.
- 3.- Cohesividad:** la razón entre las áreas positivas de la primera y segunda compresión.
- 4.- Adhesividad:** el área negativa del primer ciclo completo de compresión que representa el trabajo necesario para despegar el émbolo de la superficie de la muestra.
- 5.- Elasticidad:** la altura que la muestra recupera durante el tiempo que transcurre entre el final del primer ciclo y el comienzo del segundo.

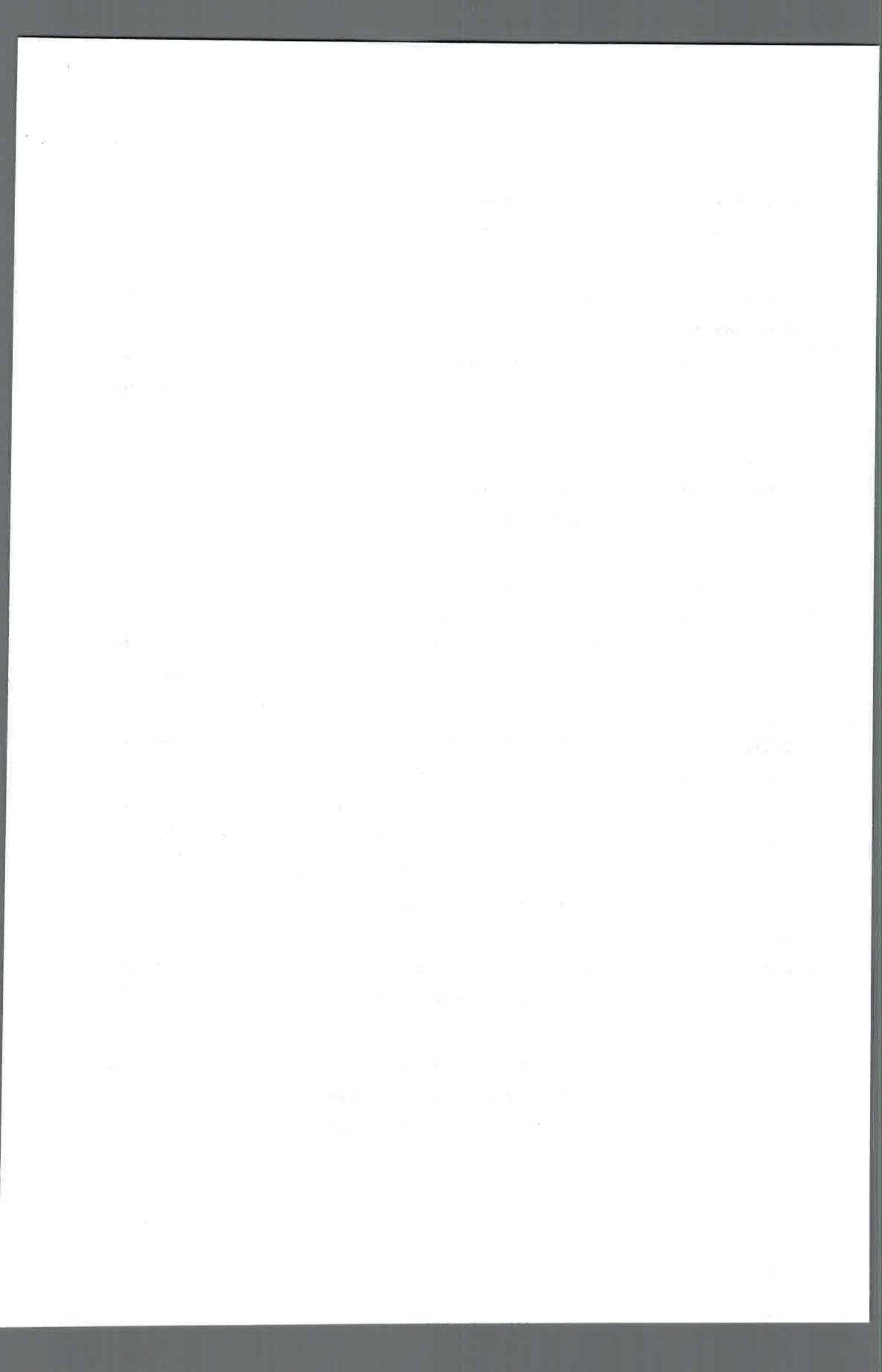
Desde el momento en que se creó el método, se han introducido grandes avances en los sistemas de control de los equipos que hoy en día están

completamente informatizados. Algunos instrumentos están dotados de programas especialmente diseñados para calcular todos los parámetros del TPA sin tener que seleccionar ningún punto de la curva. Sin embargo, es necesario conocer en profundidad el significado y las bases físicas de cada parámetro y de sus cálculos para evitar resultados que pueden ser erróneos.

Con el fin de facilitar la comparación de resultados es importante tener en cuenta la selección de las condiciones experimentales. Entre las más importantes se encuentran el grado de deformación impuesto a la muestra y la relación de tamaños entre la muestra y el émbolo. La primera condiciona todo el ensayo definiendo el tipo de curva que se registra y la detección de los distintos parámetros, así como, obviamente, su magnitud. La segunda condición determina si el ensayo es de compresión o de penetración.

En general, porcentajes de compresión muy bajos producen pocos cambios en la muestra y se hace más difícil detectar las diferencias entre especímenes. Cuanto menor sea el grado de compresión, menores serán las diferencias entre las curvas correspondientes a ambos ciclos, tanto en forma como en magnitud. Por el contrario, deformaciones grandes provocarán la rotura de la muestra, esto se asemeja al proceso de la masticación en el que se basa el método, tiene por inconveniente que, dependiendo que parámetros como la elasticidad o la cohesividad pueden perder su sentido físico ya que en el segundo ciclo de compresión prácticamente no se realiza y la medida de elasticidad pierde sentido. Es importante recalcar que para tener valor comparativo los ensayos deben realizarse con el mismo grado de compresión. Bourne (1968), fue el primero en adoptar la compresión uniaxial al aplicar la metodología del TPA con un equipo Instron Bourne Esta condición experimental fue seguida luego por numerosos investigadores que trabajaron con este instrumento u otros similares.

El análisis de perfil de textura instrumental (Fig. 2), es una buena herramienta para la determinación de parámetros texturales en una gran variedad de alimentos pero debe presentarse especial atención a la selección de las condiciones experimentales para cumplir con el objetivo de obtener resultados



coherentes. Para ello, es muy importante conocer la terminología y el significado de los parámetros en juego.

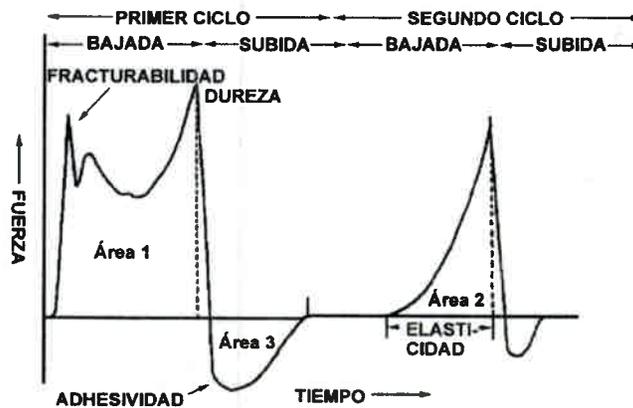


Fig. 2 Curva de TPA obtenida con un equipo Instron (Bourne, 1968)

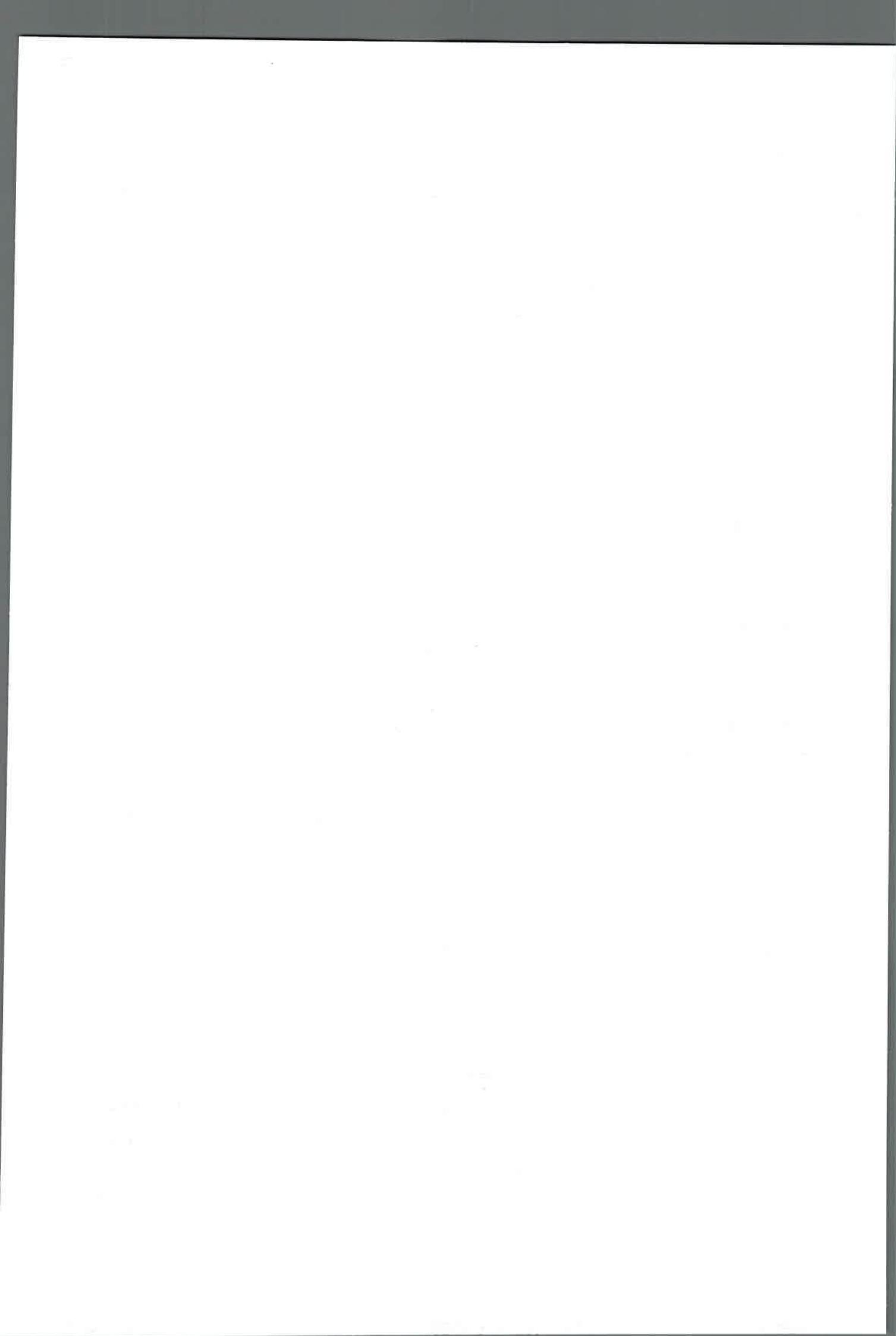
Terminología del método: como ya se ha mencionado, (Szczesniak, 1963) denominaron a los parámetros de TPA como dureza, cohesividad, elasticidad, adhesividad, fragilidad, masticabilidad y gomosidad. Desde entonces algunos autores los han examinado críticamente y han propuesto ciertas modificaciones a sus nombres o a sus definiciones. El análisis de esta evolución histórica es interesante porque abre el debate sobre cuestiones no resueltas y amplían la discusión sobre la filosofía del método. A continuación se incluyen las definiciones modernas de los términos según se definen en los programas informáticos cuyo uso está generalizado:

Parámetro Dureza

Es la fuerza necesaria para alcanzar una deformación preseleccionada.

Parámetro Elasticidad (Springiness)

Es la relación entre la altura de la muestra en el punto de inicio de la segunda compresión (en éste punto la altura de la muestra es la suma de su altura residual después de haber alcanzado la deformación predeterminada y la altura que pudo recuperar durante el movimiento de subida del émbolo) y la altura inicial (la que tiene en el punto de inicio de la primera compresión).



Parámetro Cohesividad

Se define como “la relación entre las áreas debajo de la segunda y de la primera curva” ($\text{Área2}/\text{Área1}$) del segundo y del primer ciclo respectivamente según lo graficado en la Fig. 2.

Parámetro Fracturabilidad

Se define como “la altura correspondiente a la primera rotura significativa durante la primera compresión”. Esto implica que en el registro gráfico existe un pico de fuerza antes de alcanzar la deformación preseleccionada. Szczesniak (1975), cambió el término fragilidad, utilizado en un principio por fracturabilidad que fue aceptado casi de forma universal. Se debe recordar que en muchos productos no se registra este parámetro.

Parámetro Adhesividad

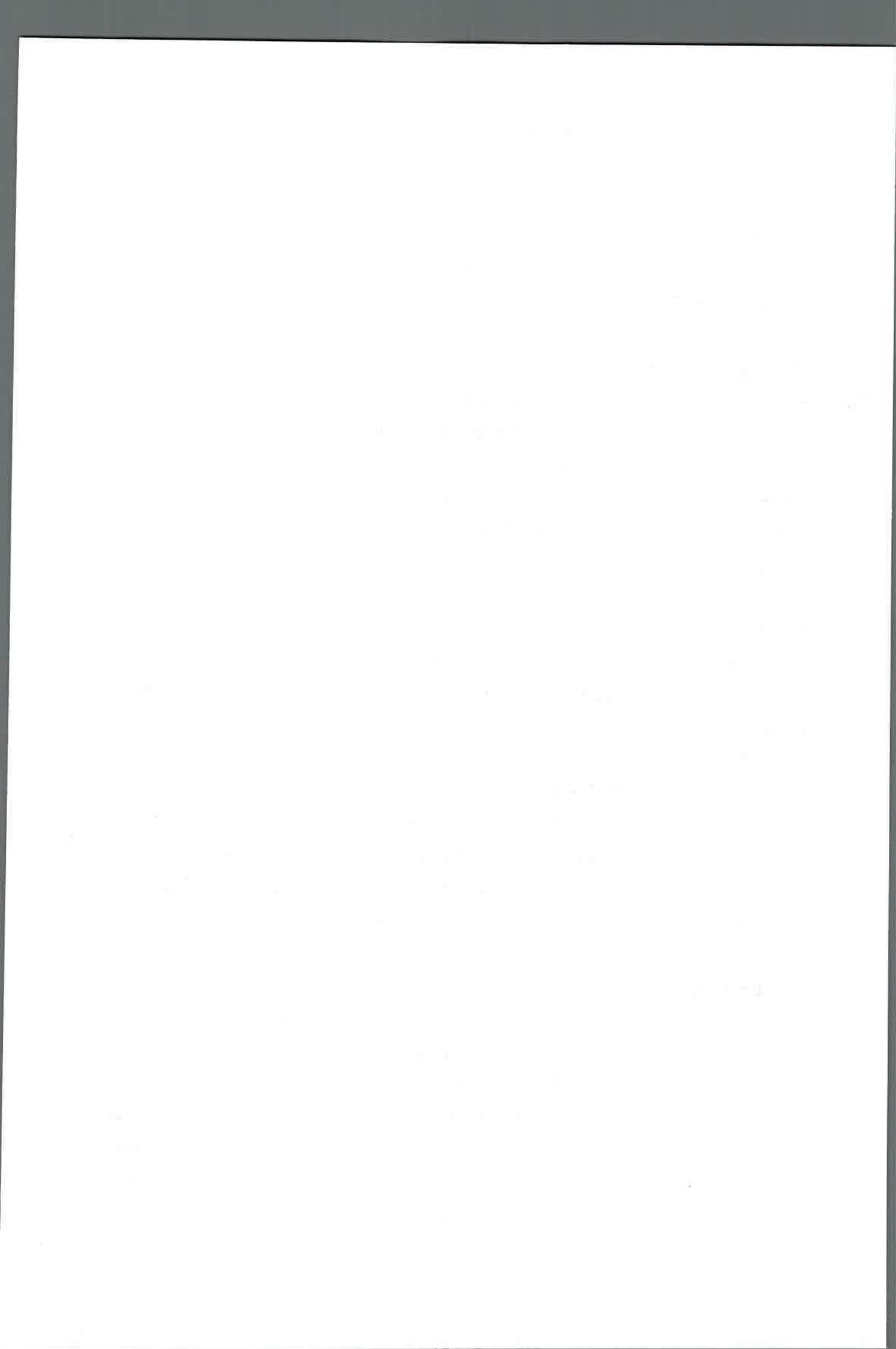
Se define como “el área de la curva negativa por debajo de la línea base del perfil que representa el trabajo necesario para retirar el émbolo de la muestra” (Área3 , Fig. 2)

Parámetro Gomosidad y Masticabilidad

La gomosidad se calcula como el producto de la dureza por la cohesividad y se aplica a alimentos semisólidos. La masticabilidad es el producto de la dureza, la cohesividad y la elasticidad y se aplica a productos sólidos. Debe evitarse el error de calcular ambos parámetros para un mismo alimento.

1.6.- Legislación

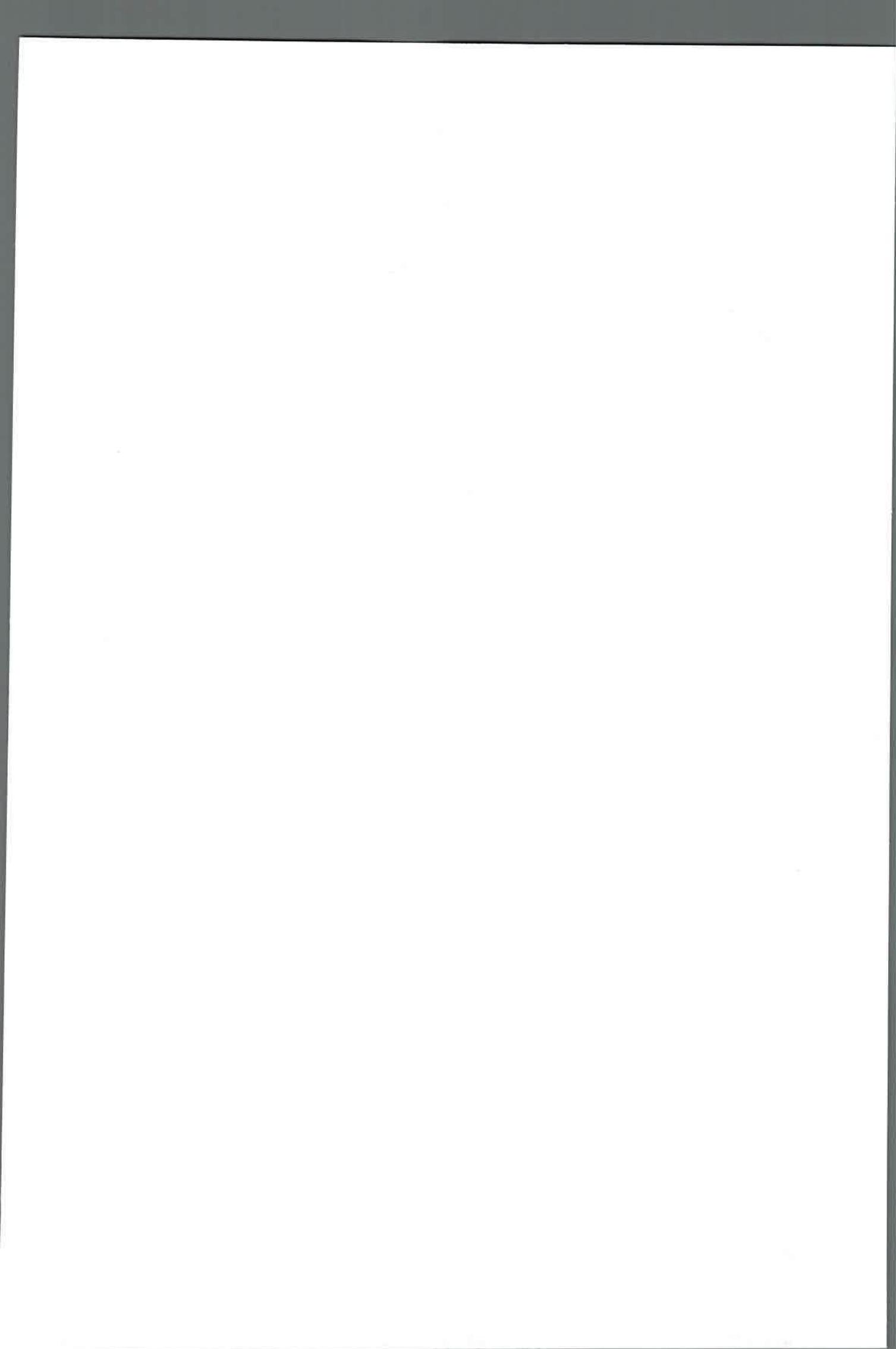
Por tratarse de un producto innovador “Los bocaditos salados”, no se encuentran en el mercado, por tal motivo no está legislado en el Código Alimentario Argentino (C.A.A) y en éste caso se deben seguir los requisitos para productos similares, un criterio es considerarlo como snacks. Debe presentarse ante las autoridades competentes para obtener las autorizaciones de libre comercio y en cuanto a la rotulación del producto debe atender a los requisitos



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

establecidos en el Código Alimentario Argentino (C.A.A, Capítulo V – Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos- Res. GMC N° 26/03 y 46/03).

El amaranto es uno de los principales ingredientes de la formulación y está definido por el Código Alimentario Argentino (C.A.A, Capítulo IX- Alimentos farináceos - Art. 660) (C.A.A, 2014).



2.- HIPOTESIS

Las variables temperatura y tiempo de secado influyen significativamente en la calidad nutricional de bocaditos salados nutricionalmente equilibrados, a base de amaranto.

3.- OBJETIVOS

3.1- Objetivo general:

Analizar si las variables del proceso de secado, temperatura y tiempo, influyen significativamente en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

3.2- Objetivos específicos:

3.2.1 Evaluar la incidencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional del producto final.

3.2.2 Verificar si el producto final después del proceso térmico de secado presenta una composición nutricionalmente equilibrada.

4.- MATERIALES Y MÉTODOS

Por iniciativa propia se desarrolló un producto con los requerimientos nutricionales capaces de cubrir una parte importante de la ingesta de 2 000 Kcal diarias utilizando amaranto popeado o pochocleado, principal ingrediente, como fuente de proteínas y de calcio.

La formulación se secó a 100 °C a distintos tiempos: 10, 14 y 18 min para favorecer la conservación, desarrollo de color, aroma, textura, crocancia y cohesión en los bocaditos. Como método de elección del tiempo de secado se realizó un test de aceptabilidad, empleando un panel de evaluadores no entrenados.

Se evaluaron nuevas condiciones operativas temperatura-tiempo en el proceso de secado, manteniendo la humedad constante estudiando la influencia de las variables de proceso: temperatura y tiempo de exposición sobre sus componentes nutricionales desde el análisis proximal, mediante ensayos físico-químicos, determinando los valores nutricionales y mediante análisis sensorial las condiciones organolépticas, midiendo el descriptor dureza como parámetro de calidad. Además, se contrastó el resultado de éste descriptor en forma instrumental.

4.1- Formulación nutricionalmente equilibrada

Para diseñar la misma se realizó un balance, considerando la composición nutricional teórica, de los ingredientes con el objetivo de obtener un producto nutritivo y nutricionalmente equilibrado.

4.1.1- Materias primas utilizadas

Se usaron semillas de *Amaranthus cruentus* variedad Candil de los cultivares de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Fig. 3).

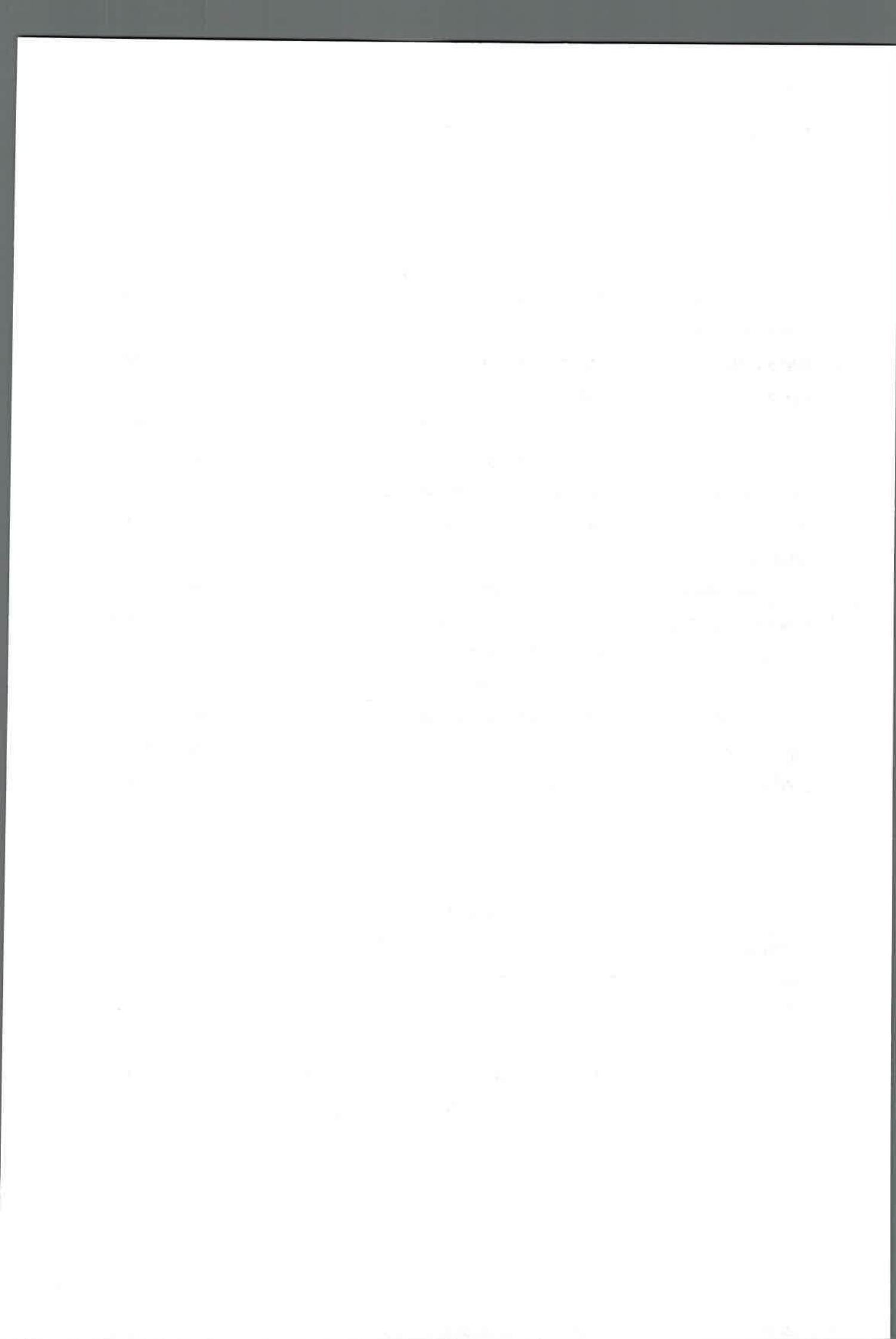




Fig. 3 *Amaranthus cruentus* variedad Candil

Además de semillas de *Amaranthus cruentus* popeado, se usaron las siguientes materias primas: arroz inflado, flakes de maíz, salvado de trigo extruído, avena arrollada, sésamo, gelatina en polvo, albúmina en polvo, orégano, albahaca, cloruro de sodio y agua potable para la preparación del aglutinante. Adquiridos en el mercado local de productos con marcas registradas y certificado de análisis (COA), contemplando parámetros de Inocuidad y Calidad.

Como saborizante se utilizó cloruro de sodio (sal de mesa), en primer lugar para conferirle el sabor salado del producto terminado, pero además su presencia juega un papel protector porque es un agente bacteriostático, polvo blanco, cristalino, higroscópico, soluble en agua dando una disolución límpida, la saturación es del orden de 307 g/l a 15 °C. Se utilizó sal comercial con una pureza del 99,94%.

También se agregó orégano y albahaca disecada, conteniendo sustancias sápidas y olorosas para aromatizar y dar sabor, además de las propiedades bacteriostáticas (Calucci *et al.*, 2003).

Elaboración del Popeado de Amaranto

La semillas de amaranto se popearon utilizando técnicas por contacto directo, en placa calefactora de acero inoxidable de doble pared a temperaturas

entre 87 y 90 °C durante 4 segundos, medidas con termómetro infrarrojo digital marca TES-1327 TES electrical electronic Corp.

Durante el proceso de pochocleado el almidón se convierte en dextrina y el agua interior se volatiliza aumentando la presión interna de la semilla, hasta que la corteza de esta revienta. A través de esta preparación previa no sólo se obtiene un producto de mejores características organolépticas, sino que se produce un incremento en la digestibilidad del producto por la rotura de la capa fibrosa del pericarpio que recubre el grano y le confiere un sabor agradable a tostado lo cual hace que aumente su palatabilidad (Fig. 4).



Fig. 4 Amaranto popeado (pochocleado)

4.1.2- Preparación de los bocaditos

Para la preparación de la fase seca (Fig. 5), se usaron las siguientes materias primas: semillas de *Amaranthus cruentus* popeado, arroz inflado, flakes de maíz, salvado de trigo extruído, avena arrollada, sésamo, en las proporciones mostradas en la Tabla 1. En una Balanza analítica Marca OHAUS- modelo: AR2140 se pesaron los ingredientes



Fig. 5 Mezcla de la fase seca

Tabla 1
Composición porcentual de Ingredientes

Ingredientes	%
Amaranto popeado	40,8
Avena arrollada	8,6
Semilla de sésamo	13,9
Salvado extruido	10,8
Flakes de maíz	12,9
Arroz inflado	5,3
Gelatina en polvo	0,6
Albumina de huevo	4,8
Cloruro de sodio	1,5
Orégano	0,4
Albahaca	0,4

Como aglutinante se usó polvos de albúmina de huevo y gelatina sin sabor. El polvo de gelatina se reconstituye en fase acuosa (1 parte de albumina en polvo por 7 parte de agua), que incorporados y mezclados con el orégano, la albahaca y la sal (cloruro de sodio) dan formación a la fase húmeda (Fig. 6).



Fig. 6 Mezcla de la fase húmeda

La fase húmeda y la fase seca se mezclan con la ayuda de una espátula dando lugar a una masa semi-húmeda (Fig. 7).

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



Fig. 7 Masa semi-húmeda

Luego para formar los bocaditos, se moldean en moldes de tipo plásticos con base de papel aluminio (Fig. 8).



Fig. 8 Moldeado de los bocaditos

4.2- Secado de la formulación

Se estudió experimentalmente la incidencia de las variables: tiempo y temperatura, sobre las características nutricionales y de palatabilidad propuesta. El secado se efectuó primeramente a 100 °C y a distintos tiempos de exposición: 10, 14 y 18 minutos, en una secadora a escala laboratorio con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s, sobre bandeja de malla de acero inoxidable. Para dicha experiencia se usó una estufa de circulación forzada con temperatura controlada - modelo: ORL-SD-CAF464-N° de serie 160610, (Fig. 9 y Fig. 10).



Fig. 9 Secado en estufa de convección forzada



Fig. 10 Bocaditos salados a base de amaranto

Como método de elección del tiempo de secado se realizó una evaluación de aceptabilidad mediante un test de ordenamiento de preferencia, empleando un panel de evaluadores no entrenados de 35 personas (Hough *et al.*, 2006).

4.2.1 Diseño de la prueba de aceptabilidad

Se realizó la prueba con 35 evaluadores, donde cada uno, al momento de la degustación, estaba acompañado por un asistente.

Para definir los números aleatorios de cada muestra se utilizó el programa Excel y de acuerdo a ellos se preparó cada bandeja. En las mismas se colocaron 3 muestras (secadas durante 10, 14 y 18 minutos a 100 °C) con el orden de presentación al azar, contenidas en placas de Petri y un vaso con agua que se utilizó como neutralizante. Además, se colocó la planilla de ordenamiento como lo muestra la Fig. 11.

ORDENAMIENTO DE PREFERENCIA DE BOCADITOS SALADOS		
NOMBRE:.....		
Usted recibirá tres muestras de bocaditos salados. Por favor ordénelas según su grado de preferencia, escribiendo el código de la muestra que más le gusta a la izquierda siguiendo hacia la derecha con las que le gustan menos.		
.....
Gusta más		Gusta menos

Fig. 11 Planilla de Ordenamiento de Bocaditos Salados

Se preparó la sala de degustación con 4 mesas, ubicadas de manera que los evaluadores no tuviesen contacto (Fig. 12).



Fig. 12 Bandeja de test de ordenamiento de preferencia

Una vez finalizada la prueba, se procesaron los datos obtenidos utilizando la fórmula del estadístico de Friedman y comparando este resultado con el valor de tabla de la distribución ji-cuadrado correspondiente con un nivel de significancia de 5%. Si hay diferencia significativa entonces se lleva a cabo un ensayo de múltiple comparación para determinar qué muestras difieren significativamente.

4.2.2 Diseño de las curvas experimentales de secado

Para evaluar la incidencia de las variables del proceso de secado, temperatura y tiempo en la calidad nutricional del producto final, se realizaron las

curvas experimentales de secado de los bocaditos salados: % de Humedad en base seca vs tiempo y % de Humedad en base seca vs actividad acuosa, a las temperaturas de 100, 80 y 70 °C respectivamente.

Las muestras de los bocaditos se prepararon por duplicado y se sometieron a los distintos tiempos de secado programados para el estudio, realizando tres repeticiones para cada tiempo. Para el trazado de los puntos de la gráfica (Fig. 18) del capítulo 5, las muestras fueron retiradas del horno en intervalos de 2 minutos. En éstas experiencias se usó una estufa de circulación forzada con temperatura controlada, modelo: ORL-SD-CAF464-Nº de serie 160610. Una muestra se utilizó para medir la actividad acuosa y la otra para determinar la humedad en base seca. La actividad acuosa (a_w) se midió con equipo AquaLab Series 3TE. La humedad en base seca se determinó gravimétricamente, secando los bocaditos de cereales a 105 °C durante 2 horas en estufa convencional Serie ST – Modelo SE 43T. El cálculo se realizó según la siguiente relación:

$$\% \text{ Humedad en base seca} = [(Masa \text{ Húmeda} - Masa \text{ Seca}) / Masa \text{ Seca}] * 100$$

La Masa Seca se toma luego de colocar la muestra 2 horas en estufa después de ser secada.

Como parámetro de inocuidad se midió la actividad acuosa con un equipo AquaLab.

4.2.3 Diseño de la experiencia: Incidencia de las variables del proceso de secado temperatura y tiempo.

Para evaluar la incidencia de las variables del proceso de secado temperatura y tiempo, en la calidad nutricional del producto final, primeramente se comprobó la influencia en los parámetros nutricionales y luego los bocaditos se sometieron sensorialmente a un test de degustación “Prueba de diferencia con un control” cuyo descriptor fue la dureza los resultados del test sensorial fueron contrastados en forma instrumental con un texturómetro, evaluando el mismo descriptor.

4.2.3.1 Incidencia en la calidad nutricional

Se sometieron los bocaditos secados a 70, 80 y 100 °C durante 17, 16 y 14 minutos respectivamente a ensayos físico-químicos por triplicado: Valor energético (Método: cálculo a partir de la composición centesimal), Hidratos de Carbono (Método: por diferencia), Proteínas (Método: Kjeldahl, $N \times 6,25$), Grasas totales (Método: Twisselman), Fibra bruta (Método: Referencia AOAC), Cenizas (Método: calcinación a 550 °C), Humedad (Método: estufa de vacío a 70 °C) e Índice de peróxido en meq/kg materia grasa. Las determinaciones fueron realizadas en el Instituto de Tecnología Industrial (INTI), sede Villa Mercedes (San Luis).

Se verificó estadísticamente si el producto final después del proceso térmico de secado alteraba su composición nutricionalmente equilibrada. Para el análisis estadístico se usó el software R 3.0.3: (versión libre). Previo al análisis de los mismos se verificó si se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas porque el método del ANOVA así lo exige. El análisis, se hizo mediante gráficos: qqnorm, histogramas de frecuencias y box plots, en forma descriptiva y se aplicó el test de Shapiro Wilks para testear la normalidad de los datos y la prueba de Levene para testear la homogeneidad de varianzas. A continuación se procedió a aplicar un ANOVA para verificar la hipótesis si existen diferencias entre los parámetros medios de temperaturas (70, 80 y 100 °C). En caso de existir diferencia significativa entre los parámetros medios de temperaturas se aplicará el test de Tukey.

4.2.3.2 Incidencia en la textura: test sensorial “Prueba de diferencia con un control”

Se sometieron las muestras secadas a 70, 80 y 100°C durante 17, 16 y 14 minutos respectivamente a un test sensorial “Prueba de diferencia con un control”, cuyo descriptor fue la dureza. Se seleccionó este descriptor teniendo en cuenta que el proceso de secado de los alimentos puede provocar endurecimiento de los mismos (Barbosa Cánovas y Vega Mercado, 2000).

La tarea del evaluador consistió en medir la diferencia entre una muestra control y una o más muestras problema, utilizando una escala provista para tal fin.

Entre las muestras problema se incluye un control codificado (testigo ciego). En las instrucciones a los evaluadores se les aclaró que puede o no haber un control. Las muestras se presentaron sobre placas de Petri en los siguientes pares:

- Control vs prototipo F
- Control vs prototipo N
- Control vs Control (testigo ciego)

Participaron 38 evaluadores no entrenados en medir dureza (Hough *et al*, 2006), a los cuales se los instruyó sobre el mecanismo de la prueba, el uso de una escala y el hecho de que algunas muestras codificadas son iguales al control. Las muestras se dispusieron en seis ordenamientos posibles:

(CF/CN/CC, CF/CC/CN, CN/CF/CC, CN/CC/CF, CC/CF/CN, CC/CN/CF)

Las mismas se presentaron en forma balanceada. Se utilizó una escala numérica estructurada para cuantificar la calificación expresada por cada evaluador (Fig. 13). Se compararon los promedios de las muestras problema con el promedio del testigo ciego.

Los resultados se sometieron a técnicas estadísticas con el objetivo de encontrar diferencias significativas entre las muestras. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) que permite estudiar la diferencia existente entre los productos para cada uno de los descriptores y que permite monitorear el funcionamiento del panel y la validez de los descriptores utilizados.

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

PRUEBA DE DIFERENCIA CON UN CONTROL

NOMBRE: Jerónimo Castillo EVALUADOR N°: 36 FECHA: 28/11/2014

Instrucciones

1. Ud. ha recibido 3 pares de muestras, cada par codificado con K (control) y una con 3 dígitos.
2. Deberá evaluar la dureza de cada muestra probándola y comparando con el control K.
3. Indicar la magnitud de la diferencia con respecto al control K.

RECUERDE QUE A VECES PUEDE HABER UNA O MAS MUESTRAS IGUALES AL CONTROL.

MUESTRA N° 828

PAR 1
..... 1= Ninguna diferencia
<input checked="" type="checkbox"/> 2= Diferencia muy leve
..... 3= Diferencia leve/moderada
..... 4= Diferencia moderada
..... 5= Diferencia moderada/grande
..... 6= Diferencia grande
..... 7= Diferencia muy grande

Observaciones: Ke se desgrana fácilmente

MUESTRA N° 913

PAR 2
..... 1= Ninguna diferencia
..... 2= Diferencia muy leve
<input checked="" type="checkbox"/> 3= Diferencia leve/moderada
..... 4= Diferencia moderada
..... 5= Diferencia moderada/grande
..... 6= Diferencia grande
..... 7= Diferencia muy grande

Observaciones: El sabor de 913 es más insinuado que la muestra testigo

MUESTRA N° HH6

PAR 3
<input checked="" type="checkbox"/> 1= Ninguna diferencia
..... 2= Diferencia muy leve
..... 3= Diferencia leve/moderada
..... 4= Diferencia moderada
..... 5= Diferencia moderada/grande
..... 6= Diferencia grande
..... 7= Diferencia muy grande

Observaciones:

Fig. 13 Planilla "Prueba de diferencia con un control"

4.2.3.3 Incidencia en la textura: test instrumental

Se sometieron las 35 muestras secadas a 70, 80 y 100 °C durante 17, 16 y 14 minutos respectivamente a ensayos de dureza utilizando un Texturómetro Brookfield (Fig. 14), con la finalidad de verificar los resultados obtenidos sensorialmente con técnicas instrumentales.



Fig. 14 Texturómetro Brookfield

Los bocaditos se los consideró como cilindros de 40 mm de diámetro por 10 mm de alto (Fig. 15).

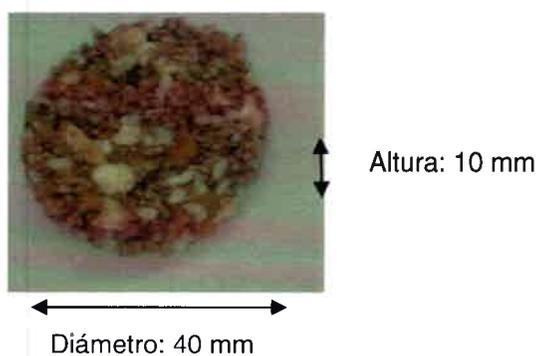


Fig. 15 Medidas del bocadito salado sometido a textura

Fue necesario definir ciertos parámetros para aplicar el test de TPA, como por ejemplo: carga de activación, velocidad del test, sonda y cantidad de ciclos. (Fig. 16).

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

Información Muestra		Método Test	
Nombre Producto	Bocaditos salados	Fecha	02/04/2014
Nombre de lote	80°C	Hora	04:11:06 p.m.
Muestra	23	Tipo de Test	APT
Figura	Cilindro	Tipo Objetivo	%Deformación
Largo	10 mm	Valor Meta	75 %
Ancho	0 mm	Esperar t.	0 s
Profundidad	40 mm	Carga Activación	7 g
   Notas Bocaditos salados a base de amaranto horneados a 80°C durante 16 minutos		Vel. Test	1,5 mm/s
		Velocidad Vuelta	1,5 mm/s
		Sonda	TA36
		Elemento	TA-RT-KJ
		Contador ciclos	2
		Tpo. Recuperación	0 s
		Mismo activador	Exacto
		Velocidad Pretest	0,5 mm/s
		Fr. Muestreo	30 puntos/seg
		Celda Carga	4500g

Fig. 16 Parámetros seleccionados para el test TPA

El ensayo se puede ir visualizando gráficamente tal como lo indica la Fig. 17.

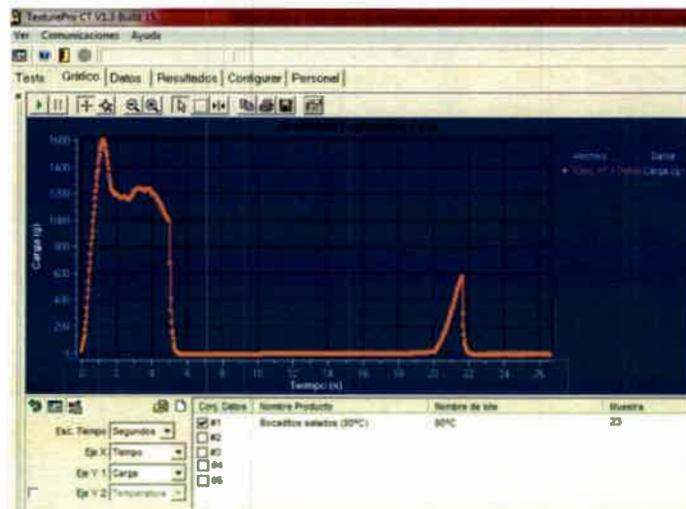


Fig. 17 Perfil de textura para bocadito salado 80 °C a 16 minutos (Texturómetro Brookfield)

Los datos fueron analizados mediante el software R 3.0.3 (versión libre).

El análisis estadístico de los datos se hizo siguiendo el mismo criterio que se aplicó para la composición nutricional.

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1- Formulación nutricionalmente equilibrada

Sobre un total de 78 formulaciones con diferentes combinaciones de los componentes secos y concentración de ligante, resultó seleccionado mediante una prueba de aceptabilidad un producto nutritivo y nutricionalmente equilibrado que de acuerdo al análisis proximal realizado a los bocaditos responde a los Rangos Aceptables de Distribución de Macronutrientes para Dietas Saludables, establecidos por el Consejo de Alimentación y Nutrición de EEUU.

Mediante la investigación de los componentes de la formulación se estima que el producto presenta un contenido aproximado en calcio de 246,2 mg por 100 gramos. Ello lo hace atractivo en su desarrollo para una población con deficiencias en calcio, muy frecuente en nuestro país, de especial importancia para mujeres embarazadas, niños y adultos, con propiedades organolépticas atractivas, proporcionando requerimientos nutricionales equilibrados a la dieta, con amaranto como principal ingrediente, resultando fuente de proteínas y calcio, obtenidos mediante procedimientos de secado controlados.

5.2 Resultados de la prueba de aceptabilidad

Ordenamiento por preferencia: se trabajó con 35 evaluadores no entrenados y consistió en comparar la preferencia entre tres muestras de bocaditos salados secados a la misma temperatura, 100 °C, pero a diferentes tiempos 10, 14 y 18 minutos. Los resultados de la experiencia se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2
Tabla de Ordenamiento de preferencia

Nº de bandeja	Nombre	Gusta más	Intermedio	Gusta Menos	Muestra 1(18)	Muestra 2(14)	Muestra 3(10)	Elección		
1	Blanca	169	112	133	169	112	133	1	2	3
2	Roberto	126	173	179	173	179	126	3	1	2
3	Dario	141	174	200	174	141	200	2	1	3
4	Silvia	201	190	182	182	190	201	3	2	1
5	Ayelén	203	150	165	203	165	150	1	3	2
6	María José	204	112	371	112	371	204	3	1	2
7	Jimena	205	120	186	205	186	120	1	3	2
8	Ana	271	183	206	171	183	206	1	2	3
9	Diego	187	186	177	187	186	177	1	2	3
10	Matías	178	207	163	207	163	178	3	1	2
11	Andrea	183	159	122	122	183	159	2	3	1
12	Jorge	159	208	197	197	208	159	3	2	1
13	Damián	209	307	130	130	209	307	2	3	1
14	Juan	184	198	138	184	138	198	1	3	2
15	Ayelén	317	161	210	317	210	161	1	3	2
16	Carla	158	211	140	140	158	211	2	3	1
17	Myriam	212	196	180	180	196	212	3	2	1
18	Clidia	163	308	213	308	213	163	3	1	2
19	Nucetti	190	116	100	190	100	116	1	3	2
20	Paola	151	214	171	151	171	214	1	3	2
21	Marina	170	215	116	116	170	215	2	3	1
22	Silvana	198	164	103	198	103	164	1	3	2
23	Andrea	142	216	199	142	199	216	1	3	2
24	Ellen	217	169	189	217	189	169	1	3	2
25	Odil	156	101	168	168	156	101	2	3	1
26	Rocío	218	143	185	185	218	143	2	3	1
27	Julio	157	188	119	119	157	188	2	3	1
28	Natalia	169	143	135	169	135	143	1	3	2
29	Alicia	219	188	136	188	136	219	3	1	2
30	Mariana	161	177	149	149	161	177	2	3	1
31	Eli	220	184	139	184	139	220	3	1	2
32	Ana Laura	161	108	183	183	161	108	2	3	1
33	Mario Soter	126	221	172	172	126	221	2	3	1
34	Erica	312	177	222	222	312	177	2	3	1
35	Geraldina	195	109	138	138	195	109	2	3	1
SUMATORIA DE LOS ORDENAMIENTOS								66	85	59
ORDENAMIENTOS								R1	R2	R3

Una vez finalizada la prueba, se procesaron los datos obtenidos utilizando la fórmula del estadístico de Friedman y comparando este resultado con el valor de ji-cuadrado correspondiente con un nivel de significancia de 5%.

Estadístico de Friedman:

$$F = \frac{12}{N \times k \times (k + 1)} \times (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2) - 3 \times N \times (k + 1) =$$

En la cual N es el número de evaluadores, k el número de muestras y R1, R2 y R3 la sumatoria de los ordenamientos de cada muestra. Se determina que hay diferencia significativa si el valor de F es mayor a los valores tabulados para determinados valores de N y k. Cuando los valores de N y k superan los de tabla, el valor debe ser mayor al X^2 (estadístico ji-cuadrado) con k-1 grados de libertad (ANEXO I: Valores para la distribución ji-cuadrado)

Para N=35 y k=3, debe compararse el valor de F con el estadístico X^2 .

En ésta experiencia de 35 evaluadores, X^2 es igual a 5,99 con un NS (nivel de significancia) =0,05 (ANEXO I: Valores para la distribución ji-cuadrado)

$$F = 12 / (35 \times 3 \times (3 + 1)) \times [(66^2 + 85^2 + 59^2) - (3 \times 35 \times (3 + 1))] = 10,342$$

Como 10,342 es mayor que 5,99 hay diferencia significativa, entonces se llevó a cabo un ensayo de múltiple comparación para determinar qué muestras difieren significativamente. Se calcularon las diferencias de todos los pares de muestras. Esos valores se compararon con los valores obtenidos en la siguiente fórmula:

$$| M^u - M^v | \geq Z_{\alpha/2} [N k (k + 1) / 6]^{1/2}$$

$Z (\alpha=0,01) = 2,325$
 $Z (\alpha=0,05) = 1,96$
 $Z (\alpha=0,10) = 1,645$

Para un nivel de significancia ($\alpha=0,05$) $z=1,96$, los resultados son los siguientes:

$$| M^u - M^v | \geq 1,96 \times 8,366 = 16,38$$

Para que dos muestras se consideren diferentes significativamente debe corroborarse la condición anterior. Para éste estudio la diferencia entre la sumatoria de los ordenamientos de las muestras para un nivel de significancia ($\alpha=0,05$) debe ser mayor o igual a 16,38 de la Tabla 4. Donde se encuentran los resultados de la comparación múltiple.

Con: $N=35$ y $k=3$

Entonces: $R_1=66$, $R_2=85$ y $R_3=58$

En la Tabla 3 se muestra la sumatoria de los ordenamientos.

Tabla 3
Sumatoria de los ordenamientos

N=35 Evaluadores	Muestra A (18 minutos)	Muestra B (14 minutos)	Muestra C (10 minutos)
TOTAL	66	85	58
	R1	R2	R3

$$R_2 - R_1 = 85 - 66 = 19$$

$$R_2 - R_3 = 85 - 61 = 24$$

$$R_1 - R_3 = 66 - 58 = 8$$

En la evaluación sensorial (Tabla 4) se observó diferencia significativa entre la muestra B que resultó preferida para la población ensayada entre las muestras A y C, éstas últimas son equivalentemente preferidas en menor grado. Por lo tanto, se puede decir que las temperaturas seleccionadas para el secado de los bocaditos afectan las características sensoriales de los productos.

Tabla 4
Ordenamiento de las 3 muestras

Muestra	Totales
A	66 a
B	85 b
C	58 a

La formulación elegida por el test de aceptabilidad presenta un alto valor nutritivo. Los mejores atributos se lograron exponiendo los bocaditos a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$

durante 14 min y actividad acuosa de 0,593. De acuerdo a la literatura consultada este valor de actividad acuosa garantiza la preservación del producto en ausencia de mohos, levaduras y bacterias. (Scott, 1953, 1957). El producto obtenido presentó buen aspecto con color pardo claro, aroma agradable característico del amaranto tostado, textura crocante y poco desgranamiento. La evaluación sensorial mostró alta aceptación de los bocaditos.

5.3 Curvas experimentales de secado

En la Tabla 5 se muestran los valores experimentales promedios de tres muestras, esto valores representan los distintos puntos de las curvas de secado pertenecientes a las experiencias realizadas a 100, 80 y 70 °C a distintos tiempos de exposición.

Tabla 5
Valores experimentales curvas de secado

Nº de muestra	Tiempo secado (min)	Experiencia a 100 °C		Experiencia a 80 °C		Experiencia a 70 °C	
		% Humedad base seca Promedio (3 muestras)	Actividad acuosa Promedio (3 muestras)	% Humedad base seca Promedio (3 muestras)	Actividad acuosa Promedio (3 muestras)	% Humedad base seca Promedio (3 muestras)	Actividad acuosa Promedio (3 muestras)
1	0	32,5232	0,904	32,5232	0,904	32,5232	0,904
2	2	25,2200	0,846	24,6130	0,822	25,7518	0,885
3	4	21,8357	0,837	21,9754	0,800	21,6662	0,877
4	6	21,5796	0,785	18,7436	0,78	20,7690	0,834
5	8	16,5524	0,765	16,7530	0,743	19,9047	0,800
6	10	15,4557	0,754	14,9448	0,706	17,1578	0,720
7	12	14,6504	0,654	15,5726	0,603	15,4893	0,723
8	14	14,0696	0,592	14,9131	0,634	15,4387	0,716
9	16	12,4126	0,523	13,9695	0,578	14,6930	0,698
10	18	11,4573	0,533	12,1559	0,592	11,9838	0,673
11	20	10,9616	0,538	11,5618	0,566	11,6928	0,630
12	22	8,4720	0,523	10,1934	0,540	9,7547	0,595
13	24	7,2873	0,471	9,5300	0,528	9,0292	0,598
14	26	5,9579	0,488	9,9116	0,473	10,8863	0,567
15	28	7,7554	0,464	9,1175	0,492	10,1294	0,549
16	30	7,4384	0,447	8,7846	0,460	10,2618	0,557
17	32	4,8817	0,419	7,0550	0,479	8,5530	0,521
18	42	4,4905	0,414	7,5346	0,485	6,6846	0,501
19	50	2,1936	0,404	2,8108	0,434	3,9899	0,479

En la (Fig. 18) se muestran las curvas experimentales de secado.

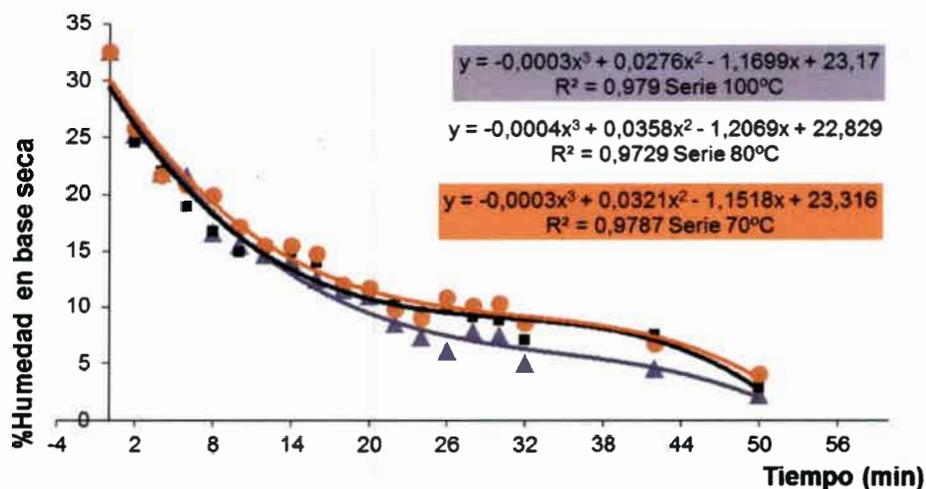


Fig. 18 Curvas experimentales de secado de los bocaditos salados a 70 (●), 80 (■) y 100 °C (▲), con circulación de aire a una velocidad de 1,4 m/s.

Además se graficó (Fig.19) la humedad en base seca vs actividad acuosa de los bocaditos secados a 70, 80 y 100 °C, obteniéndose las isotermas de sorción a 25 °C.

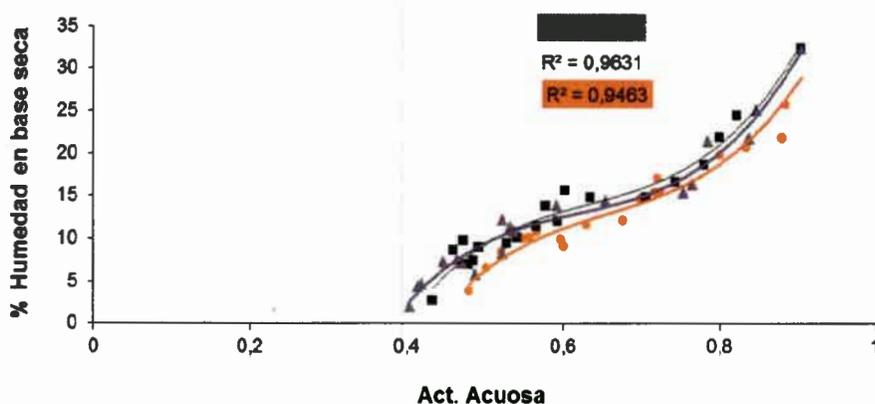


Fig.19 Curvas experimentales Isotermas de Sorción a 25 °C, de los bocaditos salados a las temperaturas de secado 70 (●), 80 (■) y 100 °C (▲).

De acuerdo a las condiciones seleccionadas por los evaluadores en el test de aceptabilidad: 14 minutos de secado y 100 °C, el producto final tiene una humedad en base seca de 14,07%. En general, se considera que para un contenido de humedad menor a 14,50% para los productos de cereales, se puede lograr un almacenamiento estable sin cambios importantes en la calidad (Schmidt Hebbel, 1981).

Haciendo uso de la gráfica de porcentaje de humedad en base seca vs tiempo (Fig. 18), manteniendo el valor de humedad en 14,07%, se seleccionan nuevas condiciones operativas a partir de las isothermas de 70 y 80 °C, resultando los valores de tiempo de secado que se muestran en la Tabla 6:

Tabla 6

Correspondencia de las variables Temperatura y Tiempo a Humedad constante

Humedad en base seca %	Temperaturas de Isothermas (°C)	Tiempo de exposición de secado (min)
14,07	100	14
14,07	80	16
14,07	70	17

En consecuencia se diseñó una experiencia secando los bocaditos a diferentes temperaturas 100, 80 y 70 °C y tiempos de 14, 16 y 17 min respectivamente. Se usó una estufa de circulación forzada con temperatura controlada -modelo: ORL-SD-CAF464-N° de serie 160610.

5.4 Incidencia de las variables del proceso de secado en la calidad nutricional

En la Tabla 7 se muestran los resultados experimentales por triplicado de los ensayos físico-químicos de los bocaditos secados a 70, 80 y 100 °C durante 17, 16 y 14 min respectivamente.

Tabla 7

Resultados experimentales Información Nutricional (Análisis proximal)

Determinación	Muestras		
	70 °C y 17 min	80 °C y 16 min	100 °C y 14 min
Valor Energético (Kcal/100 g) Método: por cálculo a partir de la composición centesimal.	1 396	396	396
	2 396	396	396
	3 395	396	396
Hidratos de Carbono totales (g/100 g) Método: por diferencia	1 55,29	55,29	55,41
	2 55,27	55,44	55,59
	3 55,26	55,57	55,28
Proteínas (g/100 g) Método: Kjeldahl, N x 6,25	1 19,40	19,23	19,30
	2 19,38	19,41	19,27
	3 19,31	19,37	19,35
Grasas Totales (g/100 g) Método: Twisselman	1 10,85	10,89	10,84
	2 10,88	10,75	10,76
	3 10,79	10,70	10,90
Fibra Bruta (g/100g) Método: Referencia AOAC	1 5,35	5,41	5,40
	2 5,27	5,37	5,39
	3 5,38	5,28	5,36
Cenizas (g/100 g) Método: calcinación a 55 °C	1 3,58	3,60	3,48
	2 3,65	3,42	3,50
	3 3,75	3,48	3,60
Humedad (g/100 g) Método: estufa de vacío a 70 °C	1 5,53	5,58	5,57
	2 5,55	5,61	5,49
	3 5,51	5,60	5,51

Se verificó estadísticamente si el producto final después del proceso térmico de secado alteraba su composición nutricionalmente equilibrada.

El test para las variables mencionadas, mostró que los datos se comportaron en forma normal y con varianzas homogéneas, se aplicó el método del ANOVA para verificar la hipótesis si existe diferencias entre los parámetros medios de temperaturas (70, 80 y 100 °C) arrojando todas un p-valor > 0,05, indicando que no hay diferencia significativa entre las medias de las temperaturas (ANEXO II).

Los valores medidos para índice de peróxido se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8
Resultados del Índice de Peróxido

Determinación	Muestras			
	70 °C y 17 min	80 °C y 16 min	100 °C y 14 min	
Índice de Peróxido (meq/kg materia grasa)	1	1,10	1,00	1,10
	2	1,06	1,01	1,09
	3	1,12	1,05	1,07

El test para la variable mencionada, arrojó un p-valor > 0,05, indicando que no hay diferencia significativa entre las medias de las temperaturas (ANEXO II). El índice de peróxido no varió con la temperatura y los valores obtenidos indican ausencia de reacciones oxidativas por parte de las grasas, resultado coincidente con los obtenidos por numerosos investigadores que no observaron diferencias significativas después del secado en la fracción lipídica. Además no detectaron diferencias en el contenido en ácido grasos poliinsaturados y tampoco variaciones en los índices de peróxidos. Se supone que dicha estabilidad térmica depende de sus perfiles de ácidos grasos, de la temperatura de secado y tiempo de exposición (Bello Gutiérrez, 2000; Dergal, 2006). Además el escualeno presente en la semilla de amaranto es un inhibidor potencial de la oxidación por lo que las grasas de amaranto presentan una gran estabilidad oxidativa comparada con otros aceites y grasas (Schnetzler y Breene, 1994). Teniendo en cuenta que de acuerdo a la literatura, para valores superiores a 0,5 de actividad acuosa entran en juego reacciones como la oxidación no enzimática de lípidos, las reacciones hidrolíticas y el pardeamiento no enzimático, como resultado la fracción lipídica adquiere un papel relevante debido fundamentalmente a la fácil alterabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados (Labuza *et al.*, 1972a). Nos centraremos en la oxidación por tener incidencia sobre el valor nutritivo de los productos (Bello Gutiérrez, 2000). Haciendo un análisis teórico de la composición en ácidos grasos de cada uno de los ingredientes de los bocaditos, siendo el principal componente el amaranto expandido, 40,8% en peso, el contenido graso del grano es de 7,6%, de acuerdo a la literatura consultada el mayor porcentaje corresponde al ácido linoléico y oleico que debido al proceso en seco para la obtención del grano

poppeado entre 180 y 200 °C durante 20 a 30 s reduce la cantidad de estos ácidos aumentando el contenido en ácido araquidónico (C20:0) y en un 10% el escualeno (Becker, 1989; Ayorinde *et al.*, 1989). La semilla utilizada en la elaboración de los bocaditos se poptea a una temperatura de 85 °C durante 5 s, condiciones menos severas que las citadas anteriormente, deduciéndose según los resultados obtenidos en el presente estudio que ambos ácidos no se han alterado por reacciones oxidativas.

Otro de los ingredientes que tienen un alto aporte en ácidos grasos insaturados es la semilla de sésamo. En la literatura se señala contenidos de 54,1% de ácido oleico, 59% de ácido linoléico y 3,5% de otros ácidos grasos insaturados (Yermanos *et al.*, 1972; Xiao *et al.*, 1995). Esta semilla no se somete a ningún tratamiento previo a la utilización en los bocaditos.

La avena arrollada, aporta el 10,95% de ácidos grasos monoinsaturado y el 9,36% de ácidos poliinsaturados (McDowell *et al.*, 1974).

Para el resto de los ingredientes, como su porcentaje en la formulación de los bocaditos oscila entre 5,3 a 12,9%, y tienen un rendimiento promedio en grasas bajo, entre el 2,8 al 4%, por lo que se considera que el aporte en ácido grasos en ésta formulación no es relevante.

Del análisis realizado con relación a la composición en ácidos grasos insaturados se estima que los bocaditos tienen, sobre una composición lipídica de 10,83% un 92% de ácidos grasos insaturados oleico y linoleico. Además del estudio estadístico de los datos experimentales del índice de peróxido y análisis de grasas totales, se infiere que la composición lipídica no es afectada por las distintas condiciones operativas de trabajo. Según la bibliografía consultada, en las zona de actividad acuosa comprendida entre 0,25 y 0,8, el agua se localizaría en diferentes capas estructuradas y en microcapilares, ejerciendo un efecto protector sobre todo contra las reacciones de oxidación de lípidos, actuando como barrera del oxígeno (Dergal, 2006).

Con respecto a la proteína, de acuerdo a datos reportados en experiencias realizadas en barras de cereales dulces con albumina de huevo presente en la fase aglutinante, para temperaturas de 105 °C y tiempos mayores a 30 min, podría

ocurrir una desestructuración parcial de la misma, reduciendo la biodisponibilidad de algunos aminoácidos esenciales (Olivera *et al.*, 2012).

En base a la composición en aminoácidos esenciales de los ingredientes (FAO, 1970), se estimó el contenido teórico en los bocaditos salados, tomando como base los aportados por la semilla de amaranto expandida considerando que es el principal ingrediente en la formulación. Resultando aproximadamente: lisina 186 mg, metionina 12 mg, triptófano 3,2 mg y de treonina 8,4 mg. Es importante destacar que el contenido de lisina es un indicador de la calidad proteica.

En cuanto a los aglutinantes usados en ésta formulación: la gelatina, mezcla heterogénea de proteínas de alto peso molecular, soluble en agua, de diferentes puntos isoeléctricos, contiene glicina (27%), prolina (15,2%) e hidroxiprolina (13,3%), sin aporte de lisina ni treonina (Saddler y Horsey, 1987); la albumina de huevo en polvo aporta el 6,16% de lisina, el 4,5% de treonina, el 3,9% de metionina aminoácido azufrado y en menor cantidad el triptófano. El grado de humectabilidad es bajo, se presume que el tratamiento térmico recibido por la albumina durante el secado por aspersion modifica su estructura debido al proceso de secado a 105 °C durante 30 min, impidiendo la entrada de las moléculas de agua observándose una disminución de las Unidades Netas Proteicas (UNP) (Sotelo y González, 2000).

Al comparar los resultados obtenidos por otros autores que trabajaron con alimentos tratados por calor se comprueba que la perdida de lisina esta mas relacionada con el tiempo de exposición de los alimentos que con la temperatura y disminuye debido a su procesamiento industrial o cuando las proteínas se someten a calentamiento intenso en presencia de azúcares o lípidos oxidados (Torún, 1988). El producto en estudio presenta actividades acuosas correspondientes a las zonas donde las reacciones de oxidación de lípidos se incrementan, pero como la fórmula presenta un bajo aporte de grasas (10,84%), es posible que el contenido de lisina no varíe debido a que en las condiciones de operación no hay formación de radicales libres o compuestos reductores formados por oxidación de lípidos con proteínas (Kakade y Liener, 1969; Pokorny *et al.*, 1983; Saguy, 1980). Por lo que es probable que en las condiciones



experimentales, a 100 °C se produzca una disminución de la digestibilidad de la proteína y en la UNP debido a una desnaturalización de la misma, aunque el tiempo empleado en el presente trabajo es de 14 min, inferior al reportado en los artículos citados.

No existen comunicaciones científicas para bocaditos salados, sin embargo sería interesante realizar estudios para determinar la incidencia de la temperatura sobre la desestructuración de las proteínas sometidas a las condiciones utilizadas experimentalmente, 100 °C y 14 min, a pesar que los resultados del análisis proximal indican que no existen diferencias significativas en el contenido proteico total en las tres condiciones de secado estudiadas.

5.5 Incidencia de las variables del proceso de secado (temperatura-tiempo) en la textura: test sensorial

Al igual que en otros estudios se observaron numerosas correlaciones entre la composición química de los alimentos y los parámetros de textura analizados (Marshall, 1991; Aguilera, 1993).

En la Tabla 9 se muestran los resultados cuantificados de la escala numérica estructurada (Fig. 13) del test sensorial para el atributo dureza "Prueba de diferencia con un control", para los bocaditos secados a 70, 80 y 100 °C durante 17, 16 y 14 minutos respectivamente, para los siguientes pares:

- Control vs prototipo F
- Control vs prototipo N
- Control vs Control (testigo ciego)

Tabla 9
Resultados del test sensorial

EVALUADORES	TESTIGO CIEG	PRODUCTO		TOTAL	(TOT. EV.) ²	DATOS CUADRADOS		
	K	F	N			TESTIGO (K)	F	N
1	2	3	4	9	81	4	9	16
2	2	1	4	7	49	4	1	16
3	3	2	4	9	81	9	4	16
4	4	2	3	9	81	16	4	9
5	3	4	3	10	100	9	16	9
6	3	5	5	13	169	9	25	25
7	2	4	4	10	100	4	16	16
8	3	4	2	9	81	9	16	4
9	2	1	2	5	25	4	1	4
10	2	2	4	8	64	4	4	16
11	3	4	4	11	121	9	16	16
12	5	2	4	11	121	25	4	16
13	1	3	5	9	81	1	9	25
14	3	5	5	13	169	9	25	25
15	1	4	6	11	121	1	16	36
16	1	2	3	6	36	1	4	9
17	1	7	6	14	196	1	49	36
18	1	6	5	12	144	1	36	25
19	2	3	5	10	100	4	9	25
20	5	5	1	11	121	25	25	1
21	2	3	5	10	100	4	9	25
22	2	6	4	12	144	4	36	16
23	5	3	6	14	196	25	9	36
24	6	4	4	14	196	36	16	16
25	1	2	3	6	36	1	4	9
26	1	2	2	5	25	1	4	4
27	4	3	4	11	121	16	9	16
28	3	4	6	13	169	9	16	36
29	4	1	5	10	100	16	1	25
30	6	3	6	15	225	36	9	36
31	1	3	5	9	81	1	9	25
32	6	2	3	11	121	36	4	9
33	6	3	4	13	169	36	9	16
34	6	3	4	13	169	36	9	16
35	4	5	3	12	144	16	25	9
36	2	1	3	6	36	4	1	9
37	5	3	3	11	121	25	9	9
38	5	4	5	14	196	25	16	25
SUMA Datos	118	124	154	396	4390			
Total suma datos	396							
Suma datos cuadrado						476	484	682
Cuadrados						13924	15376	23716
Total cuadrados						53016		
Suma total evaluadores						4390		
Media	3,1	3,3	4,1					

Tomando como datos los valores obtenidos de la Tabla 9, se realizaron los siguientes cálculos (Hough *et al.*, 2006):

$$\text{Factor de corrección (FC)} = \text{Total suma datos}^2 / \text{N}^\circ \text{ Datos} = 1\ 375,57$$

$$\text{Suma Cuadrados Total} = \text{Suma datos cuadrados} - \text{FC} = 266,42 (*)$$

$$\text{Suma Cuadrados Muestra} = \text{Total cuadrados} / \text{Evaluadores} - \text{FC} = 19,57 (*)$$

$$\text{Suma Cuadrados Evaluadores} = \text{Suma Total evaluadores} / \text{N}^\circ \text{ Muestra} - \text{FC} = 87,75 (*)$$

Donde:

$$\text{Total.suma.datos}^2 = 396^2 = 156\ 816$$

Nº Datos: número total de datos= 114

Evaluadores= 38

Nº Muestra= 3

Los valores (*) obtenidos en el cálculo anterior son utilizados en la confección de la tabla del Análisis de Varianza que permiten determinar si hay diferencia entre las muestras (Tabla 10).

Tabla 10
Análisis de Varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Evaluadores	87,75	37	2,37	1,10	0,35	1,57
Muestra	19,58	2	9,79	4,55	0,01	3,12
Error	159,09	74	2,15			
Total	266,42	113				

La variabilidad total (Origen de las variaciones), se particiona en tres fuentes de variación o de variabilidad: Evaluadores, Muestra y Error (variabilidad no explicada). El valor de Probabilidad o p-valor = 0,01 para la Muestra, indica que existen diferencias significativas entre las mismas (p-valor < 0,05). Utilizando el método de comparación múltiple de la mínima diferencia significativa (LSD de Fisher), se llega a la Tabla 13 que indica que medias o promedios de las muestras son diferentes.

Se calculó el estadístico LSD de Fisher para un nivel de significancia ($\alpha=0,05$) arrojando un valor de 0,67, el detalle del cálculo se muestra en la Tabla 11.

$$\text{LSD} = t \times (2 \times \text{Promedio del cuadrado del error} / \text{N}^\circ \text{ de evaluadores})^{1/2}$$

$$t = \text{DISTR.T.INV}(\text{Nivel de significación; grados de libertad del error})$$

Entonces, LSD= 0,67

Tabla 11
Cálculo de LSD de Fisher

DISTR.T.INV(Nivel de significación;grados de libertad del error)*RAIZ((2*promedio cuadrado del error/N° de evaluadores))	
DISTR.T.INV(Nivel de significación;grados de libertad del error)	1,99
Nivel de significación;grados de libertad del error	0,05
grados de libertad del error	74
2*promedio cuadrado del error/N° de evaluadores	0,11
promedio cuadrado del error	2,15
N° de evaluadores	38
RAIZ((2*promedio cuadrado del error/N° de evaluadores))	0,34
LSD	0,67

Se calculan la diferencia entre MEDIAS obtenida en la Tabla 9 y los resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12
Diferencia entre Medias

Diferencia entre medias	Resultado	Diferencia significativa
F-T	0,15	<0,67*
N-T	0,94	>0,67
F-N	0,78	>0,67

*los valores <0,67 no presentan diferencia significativa entre muestras

Así se llega a la Tabla 13 que indica las medias o promedios sensoriales de diferencia del atributo dureza entre los dos prototipos F y N, y cuáles son diferentes o equivalentes.

Tabla 13
Medias o promedios sensoriales de diferencia de dureza de dos prototipos

Muestras	Medias	Separación de Medias	Temperatura de secado (°C)
Testigo ciego (T)	3,1	a	100
Prototipo F	3,3	a	80
Prototipo N	4,1	b	70

Letras diferentes a, b: indican medias o promedios diferentes (p<0,05)

Esto indica que los evaluadores no distinguieron entre las muestras secadas a 100 y 80 °C, pero si detectaron diferencia entre las secadas a: 70-100 °C y 70-80 °C.

5.6 Incidencia de las variables del proceso de secado (temperatura-tiempo) en la textura: test instrumental

El equipo entregó un informe estadístico sobre las 35 muestras sometidas a evaluación. En el ANEXO III se detallan los valores de dureza a las diferentes temperaturas: 100, 80 y 70 °C para el primer y segundo ciclo.

El ANOVA para textura a los distintos niveles de temperatura a las que fueron sometidos los bocaditos de cereales, indicó que hubo diferencias significativas entre las medias de las temperaturas p -valor $< 0,05$ (ANEXO IV).

Como los valores arrojaron diferencia significativa entre las muestras, entonces se aplicó la prueba de Tukey para determinar en qué niveles de temperatura se da la diferencia, infiriendo que entre las muestras de 100 y 80 °C no hay diferencia significativa, pero no sucede lo mismo con la muestra de 70 °C que si hay diferencia significativa entre los pares: 100-70 °C y 80-70 °C (ANEXO IV). Se obtuvieron los mismos resultados tanto para el ciclo 1 y el ciclo 2.

Los resultados arrojados por el test sensorial y el test de textura medido instrumentalmente fueron coincidentes. Para las muestras de 100 °C-14 minutos y 80 °C-16 minutos no hubo diferencia significativa, pero no sucedió lo mismo con la muestra de 70 °C-17 minutos donde si hubo diferencia significativa en el descriptor dureza con respecto a los pares anteriores. De aquí se abre la discusión ya que en las condiciones estudiadas las variables tiempo-temperatura no influyen en los parámetros nutricionales, pero si lo hacen sensorialmente, lo cual es un aspecto importante en el momento de elegir las variables del proceso.

Los atributos de la textura percibidos son los que se relacionan con la Naturaleza Propia (ejemplos: suavidad, dureza, pulverulencia, terrosidad y pastosidad), la Consistencia (ejemplos: cremosidad, acuosidad) y Adhesión al paladar (ejemplo: adhesividad). Bourne (1982) clasificó las características de textura en tres grupos:

1.- Crítica: aquellos alimentos para los que la textura es la característica de calidad

Dominante, ejemplo: carne, patatas chips, apio, snacks, galletitas.

2.- Importante: alimentos en los que la textura realiza una contribución significativa, pero no dominante, en comparación con el aroma y apariencia, ejemplos: frutas, pan y productos de confitería.

3.- Menor: alimentos en los que la textura realiza una contribución insignificante sobre la calidad global, ejemplo: bebidas y sopas poco espesas.

Según esta clasificación para los bocaditos salados la textura resulta crítica en la calidad global, por ende el descriptor dureza pasa a tener una importancia relevante.

Szczesniak y Kahn (1971), realizaron entrevistas con adultos en Estados Unidos, llegando a la conclusión de que cuando todo está bien el consumidor no le presta atención al atributo textura, pero si la textura no es la adecuada la queja es inmediata. La crocancia de alimentos de baja humedad está altamente relacionada a su contenido de agua y/o aw (Katz y Labuza, 1981; Nicholls *et al.*, 1995). El ablandamiento del material es observado cuando una aw excede la actividad acuosa crítica (awc), (Katz y Labuza, 1981). Algunos investigadores estudiaron el efecto de la aw sobre la crocancia de cereales para el desayuno, encontrando una leve disminución para éste descriptor medido sensorialmente, para una aw comprendida aproximadamente entre 0 y 0,50, a valores mayores se observó rápido descenso de crocancia (Sauvageot y Blond, 1991). La aw a la cual los alimentos pierden su crocancia es aproximadamente de 0,5 (Hough *et al.*, 2001; Katz y Labuza, 1981 y Peleg, 1994). Si un producto crocante gana humedad, pierde crocancia y es considerado deteriorado o de baja calidad (Duizer, 2001). La temperatura óptima de conversión de agua ligada en agua libre es de 70°C (Demonte, 1995). Dicho resultado coincide con un producto cuya proteína se ha desnaturalizado produciendo un decrecimiento en la Capacidad de Retención de Agua, indicador de cambios en la estructura de las proteínas (Betschart, 1981). Por lo tanto dado que la aw de los bocaditos salados resultó de 0,593 se vio la importancia de medir el descriptor dureza, como un indicador de la calidad de los mismos.

La textura es una propiedad sensorial que resulta de un grupo multifacético de componentes físicos (Bourne, 2002), la evaluación de este atributo de calidad ha involucrado frecuentemente a panelistas humanos en un perfil de textura evaluando características mecánicas, durante el proceso de masticación (Brandt *et al.*, 1963). En el perfil de textura el panel entrenado actúa como un instrumento calibrado que proporciona una descripción reproducible e imparcial de la textura de los productos.

Varios autores han estudiado la correlación sensorial con técnicas instrumentales y han mostrado niveles de asociaciones variadas (Piazza y Masi, 1997). Además se determinó que los descriptores sensoriales tales como dureza, cohesividad y fracturabilidad pueden ser predichos usando un ensayo instrumental de un solo ciclo de compresión (Meullenet y Gross, 1999).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son coincidentes con estudios previos realizados (Norton *et al.*, 1998), donde se encontró una buena correlación entre las mediciones instrumentales y sensoriales de un extrudado de harina de arroz.

6.- CONCLUSIÓN

Se concluye que las variables tiempo y temperatura de secado, en las condiciones de proceso estudiadas, no influyeron significativamente en la calidad nutricional de los bocaditos salados desde el análisis proximal, en los parámetros nutricionales evaluados. Los bocaditos conservaron su composición nutricionalmente equilibrada y responden a los Rangos Aceptables de Distribución de Macronutrientes para Dietas Saludables, establecidos por el Consejo de Alimentación y Nutrición de EEUU.

7.- RECOMENDACIÓN

Se recomienda considerar el parámetro de calidad dureza, en el momento de seleccionar las variables del proceso, ya que influyen organolépticamente en el producto alimenticio estudiado.

Sería interesante realizar estudios para determinar la incidencia de la temperatura sobre la desnaturalización de las proteínas sometidas a las condiciones utilizadas experimentalmente.



8.- BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis 14 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, EEUU. Cap. 7 pp 160-162
- ASAE. 1982. Moisture Measurement: Grains and Seeds. ASAE Standard S 352. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI 49085 USA.
- ASAE. 1991. Moisture Relationships of Grains. ASAE Standard D 245.4. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI 49085 USA.
- Aguilera, J.M.1993. Catastro Iberoamericano de centros de investigación en propiedades físicas de alimentos. RIPFADI-CYTED
- Ayorinde, F.O., Ologunde, M.O., Nana, E.Y., Bernard, B.N., Afolabi, O.A., Oke, O.L. and Shepard, R.L. 1989. Determination of fatty acid composition of amaranthus species. J Am Oil Chem Soc., 66:1812 – 1814.
- Barbosa Cánovas, G. y Vega Mercado, H. 2000. Deshidratación de alimentos. Traducido por Alberto Ibarz Ribas. Zaragoza, España: Acribia Editorial, 297p. ISBN: 9788420009186
- Batterman Azcona, S.J. and Hamaker, B.R. 1998. Changes Occurring in Protein Body Structure and α -Zein During Corn flake Processing. Cereal Chem. 75: 217-221
- Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Bestchar, A. A. and Saunders, R. M. 1981. A compositional study of amaranth grain. Journal Food Science, 46: 1175-1180.
- Becker, R. 1989. Preparation, composition and nutritional implications of amaranth seed oil. Cereal Foods World, 34: 950-953.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. 1988. Química de los Alimentos. 2^{da} ed. Zaragoza, España: Acribia Editorial. pp. 19-20, 233.
- Bello Gutiérrez, J. 2000. Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Madrid, España: Diaz de Santos. pp 279-286. ISBN 84-7978-447-4

- Betschart, A.A., Irving, D.W., Shepherd, A.D. and Saunders, R.M. 1981. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components and effect of temperature on nutritional quality. *J. Food Sci*, 46:1181-1187
- Bourne, M.C. 1968. Texture profile of ripening pears. *J Food Sci*, 33:223-226.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile Analysis. *Journal Food Science Technology*, 32(7): 62-66, 72.
- Bourne, M.C. 1982. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2^{da} ed. New York: Academic Press, 379p. ISBN: 978-0-12-119062-0
- Bourne, M.C. 1987. Effects of water activity on textural properties of food. *In Water activity: theory and applications to food*. (Editores L.B. Rockland y L.R. Beauchat), New York: Marcel Dekker. pp75-97. ISBN:0-8247-7759-x
- Bourne, M.C. 2002. Body-texture interactions, en *Food texture and viscosity: Concept and Measurement*. 2^o ed. New York: Academic Press. pp 33-57. ISBN: 978-0-12-119062-0
- Brandt, M., Skinner, E., and Coleman, J. 1963. Texture profile method. *Journal Food Science*, 28: 404-409.
- Breene, W. M. 1991. Food uses of grain amaranth. *Cereal Foods World*., 36: 426-430.
- Bressani, R., Kolinowxki, L.S., Ortiz, M.A. y Elías, L.G. 1987 Nutritional evaluation of toasted, flaked and popped *A. caudatus* Arch. Lat. Amer. Nutr., 37:525-531.
- Bressani, R. 1989. The proteins of grain amaranth. *Food Rev. Intal.*, 5: 13-38.
- Bressani R., Sánchez Marroquín A. y Morales E. 1992. Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing their nutritional quality. *Food Rev. International*, 8(1):23-49

- Bressani, R. y Estrada, L. 1994. Effect of lime cooking of grain amaranth on selected chemical components and on its protein quality J. Agrc. and Food Chem, 42: 1998-2001.
- Bryce, W. A. y Pearce, J.A. 1946. Can. J. Res. 24:61.
- Calucci, L.; Pinzino, C.; Zandomenoghi, M.; Capocchi, A.; Ghiringhelli, S.; Saviozzi, F.; Tozzi, S.; Galleschi, L. 2003. Effects of γ -irradiation on the free radical and antioxidant contents in nine aromatic herbs and spices. J. Agric. Food Chem. 51: 927-934.
- Código Alimentario Argentino (C.A.A). 2014. Disponible en http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp. Acceso Octubre, 2014.
- Casp, A. y April, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Madrid: Mundi-Prensa. pp 121-124
- Chan, J.K., Gill, T.A. y Paulson, A.T. 1993. Thermal aggregation of myosin subfragments from cod and herring. J Food Sci.; 58 (5): 1057 – 1061.
- COFECYT (Concejo Federal de Ciencia y Tecnología). 2004. “Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo”. Disponible en: http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos_alimenticios/Quinoa_y_Amaranto.pdf. Acceso Octubre, 2009.
- Couquejriot, M. 2003. Barritas Nutricionales. Disponible en http://www.jumbo.com.ar/jumbomas/nutricionista_s.jsp Consultado el 12 de diciembre de 2014
- Demonte, P. 1995. Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. Cali, Colombia. Memorias. Cali: Universidad del Valle. pp. 8-20
- Dergal, S.B. 2006. Química de los Alimentos. 4ta ed. Enrique Quintanar Duarte (ed). México: Pearson Educación de México, S.A, de C.V.Cap 1,pp 14-15. ISBN 970-26-0670-5

- Dondero, M. 1990. Bioquímica y tecnología de la aplicación del frío en alimentos. Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso. pp 37-38, 41-43
- Duizer, L. 2001. A review of acoustic research for studying the sensory perception of crisp, crunchy and crackly textures. Trends Food Sci Tech, 12: 17-24.
- Escudero, N.L.; Arellano, M.L.; Luco, J.M.; Giménez, M.S. y Mucciarelli, S.I. 2004. Comparison of the chemical composition and nutritional value of Amaranth cruentus flour and its protein concentrate. Plant Food for Human Nutrition, 59: 15-21.
- FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). 1970. Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Servicio de Ciencia y Política de la Alimentación, Dirección de Nutrición. 84p. ISBN 92-5-001102-4
- FAO (Food and Agriculture organization of the United Nations). 1985 Energy and protein requirements. Geneva: World Health Organization. Technical Report Series 724. ISBN 92 4 120724 8
- Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry. 2th U.S.A: Marcel Dekker.; pp 246, 343-345, 854.
- Fondo para el Desarrollo del Ajonjolí (FONALI). s.f. Situación y perspectiva para la exportación del ajonjolí. Preparado por Ing. Agr. Mario Rodríguez. Mimeografiado. s.n.p.
- Friedman, H.H., Whitney, J.E. and Szczesniak, A.S. 1963. The Texturometer: a new instrument for objective texture measurement. J. Food Sci., 28: 390-396.
- GME (2012). Asociación Europea de Fabricantes de Gelatina. La gelatina. Consultado en www.getatine.rg. 22 noviembre 2014.
- Hough, G., Buera, M., Chirife, J. and Moro, O. 2001. Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. J Texture Stud, 32: 57-74.

- Hough, G.; Wakeling, I.; Mucci, A.; Chambers IV, E.; Méndez Gallardo, I. y Alves, L. R. 2006. Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference* 17 (6): 522-526.
- Hurrell, R.F. and Finot, P.A. 1985. Effect of Food Processing on Protein Digestibility and Aminoacid Availability. En "Digestibility and Aminoacid Availability in Cereals and Oilseeds. J.W. Finley y D.T. Hopkins (ed). A.A.C.C. Minnesota USA.
- Iñarrute. 2001. Estudio de las características nutricionales de barras de cereales para niños. Mexico. *Arch Lat Nutr* 20011; 41:222-297
- Johnson, L. A., Suleiman, T. M. and Iusas, E. W. 1978. Sesame Protein: A Review and Prospectus. Presented at the World Conference on Vegetable Food Proteins, Oct. 29 - Nov. 3. 1978. Amsterdam, The Netherlands. 17 p.
- Kakade, M. L. and Liener, I.E. 1969. Determination of available lysine in protein. *Analyt. Biochem.*, 27(2): 273-280.
- Karel, M. 1975. Water activity and food preservation. In Fennema O.R. (ed), *Principles of Food Science*. Karel, M., Fennema O.R. and Lund, D.B. (ed), *Part II: Physical Principles of Food Preservation*. New York: Marcel Dekker. pp 237-263
- Katz, E. and Labuza, T. 1981. Effect of water activity on the sensory crispiness and mechanical deformation of snack food products. *J Food Sci*, 46: 403-409.
- Khor, H. T. y Chieng, D. Y. 1997. Lipidaemic effect of tocotrienols, tocopherols and squalene: studies in the hamster. *Asia Pacific. J. Clin Nutr*. 6(1): 36-40.
- Kirk, J.R. 1981. Influence of water activity on stability of vitamins in dehydration foods. In L.B. Rockland y L.R. Beauchat (ed), *Water activity: theory and applications to food*. New York: Academic Press, pp 531-566.
- Kirk, R.S.; Sawyer R.; Egan H. 1996. Composición y análisis de alimentos de pearson", 2^{da} Ed. México: CECOSA, 777p

- Labuza T. P., Mc Nally, L., Gallagher, D., Hawkes, j. and Hurtado F. 1972a. Stability of intermediate moisture foods. 1.Lipid oxidation. J. Food Sci. 37:154-159.
- Labuza T. P.; Cassil, S. and Sinskey, A. J.1972b. Stability of intermediate moisture foods. 2. Microbiology. J. Food Sci. 37:160-162.
- Latham, M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo colección FAO: Alimentación y nutrición n 29 .Roma. ISBN 92-5-303818-7
- Leung, H.K. 1987. Influence of water activity on chemical reactivity. In Water activity: theory and applications to food. L.B. Rockland y L.R. Beauchat (ed), New York: Marcel Dekker, pp 27-54.
- López López, I., Cofrades, S., Ruiz Capillas, C., Jiménez Colmenero, F. 2009. Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. Meat Sci, 83: 255-262
- Marcílio, R., Amaya Farfan, J., Ciacco, C.F. Spehar, C.R. 2003. Fracionamento do grão de amaranto (*A. cruentus*) brasileiro e suas características composicionais ciên. Tecnol Alim., 23(3):511-516.
- Marshall, R.J. 1991. Combined instrumental and sensory measurement of the role of fat in food texture. Food Res. Int., 25:7-80
- McDowell, L.R., Conrad, J.H., Thomas, J.E. and Harris, L.E. 1974. Latin American tables of the compositions. Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, FL, E.U. 509p
- Meullenet, J. and Gross, J. 1999. Instrumental single and double compression tests to predict sensory texture characteristics of food. J Texture stud. 30:167-180.
- Mossel, D. A. A. y Westerdijk, J. 1949. The physiology of microbial spoilage in foods. Antonie van Leeuwenhoek 15:190-202.
- Mujica Sánchez, A., Izquierdo, J. y Berti Díaz, M. (1997). El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus spp.*), Producción, mejoramiento genético y utilización. En FAO: Nutrición y composición química. Disponible en

Web:www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro01/home1.htm. Cap. VII, consultado 22 de noviembre 2014

- Nicholls, R., Appelqvist, I., Davies, A., Ingman, S., and Lillford, P. 1995. Glass transitions and the fracture – behavior of gluten and starches within the glassy state. *J Cereal Sci.* 21:25-36.
- Norton, C., Mitchell, J. and Blanshard, J. 1998. Fractal determination of crisp or crackly textures. *J Texture Stud.* 29:239-253.
- Olivera, M. C., Ferreyra, V.D., Giacomino, S.M., Curia, A.C., Pellegrino, N.G., Fournier M. U. y Apro, N. C. 2012. Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Rev Chil Nutr.* 39(3): 18-25
- Peleg, M. 1994. A mathematical model of crunchiness/crispness loss in breakfast cereals. *J Texture Stud.* 25:403-410
- Phillips, R.D. y Finley, J.W. 1989. Protein quality and the effects of processing. Marcel Dekker, Inc, U.S.A. pp 1-7, 125-143.
- Piazza, L. and Massi, P. 1997. Development of crispiness in cookies during baking in an industrial oven. *Cereal Chem.* 74:135-140.
- Pokorny, J., Novotná-Morávková, E., Alexcová, H. and Davídek, J. 1983. Oxidation of polyunsaturated lipids in presence of nonlipidic components. En: Hollo, J. (ed). *Fat science. Part B.* Publ. Elsevier, 603 p.
- R 3.0.3. 2014. The R Project for Statistical Computing. Disponible en: <http://www.r-project.or>. Extraído: julio 2014.
- Rayner, M., Scarborough, P., Stockley, L. 2011. Nutrient profiles: Applicability of currently proposed model for uses in relation to promotion of food to children aged 5-10 and adults. British Heart Foundation, Department of Public Health, University of Oxford. 2005. Disponible en www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/nutprofmodelforadults.pdf. Consultado 22 noviembre 2014.
- Robertson, G.L. 1993. Food packaging. In Orrego Alzate, C.E, *Procesamiento de Alimentos*. Unv. Nacional de Colombia Inc. pp 277-291. ISBN 9589322808

- Sandler, J. and Horsey, P. 1987. The new generation gelatins. A review of their history, manufacture and properties. *Anaesthesia*. 42:998-1004
- Saguy, K. Y. 1980. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. *Food Technol.*, 34(2): 78-84.
- Sauvageot, F. and Blond, G. 1991. Effect of water activity on crispiness on breakfast cereals. *J Texture Stud*. 22:423-442.
- Schmidt, R.H. 1979. Gelation and coagulation. En A Pour-El, ed., *Funcionalidad y Estructura de Proteínas*. Am. Chem. Soc., Washington, D.C, pp 131-147.
- Schmidt Hebbel, H. 1981. *Avances en ciencia y tecnología de los alimentos*. Universidad de Chile, Fac. Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Santiago, Chile, 365 p.
- Schnetzler, K. A. y Breene, W. M. 1994. Food uses and amaranth product research: a comprehensive review. In Paredes López, O. (ed), *Amaranth: biology, chemistry and technology* CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. pp 155-184
- Scott. W. J. 1953. Water relations of staphylococcus aureus at 30°C. *Aust. J. Biol. Sci.* 6:549-556
- Scott. W. J. 1957. Water relations of food spoilage microorganisms. *Adv. Food. Res.* 7:83-127
- Shahidi, M. 2004. *Polifenoles en alimentos y nutraceuticos; fuentes, aplicaciones y efectos en la salud*, CRP Press, Boca Raton, FL.
- Silva, F., Borges, M., Ferreyra, M. 1999. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Quim. Nova*.22(1): 94-103
- Sotelo, A. y González, L. 2000. Huevo en polvo con bajo contenido de colesterol. Características nutricias y sanitarias del producto. *ALAN* [on line] 50(2):134-141. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-0622200000200004&lng = es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622. Consultado en diciembre, 2014.
- Spiess, W.L.E. and Wolf, W. 1987. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. In *Water activity theory and*

- applications to foods. Ed. Rockland, L. B. and Beuchat, L.R. New York, USA: Marcel Dekker.
- Szczesniak, A.S. 1963. Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.* 28:385-389.
 - Szczesniak, A.S. and Kahn, E. 1971. Consumer awareness of and attitudes to food texture. I. Adults. *J Texture Stud.* 2: 280-295.
 - Szczesniak, A.S. 1975. General food texture profile revisited ten years perspective. *J. Texture Stud.* 6:5-17.
 - Torún, B. 1988. Proteínas y aminoácidos. Características y satisfacción de requerimientos con dietas latinoamericanas. En: Bengoa, J.M.; Torún, B.; Behar, M.; Scrinshaw, W. Metas nutricionales y guías de alimentación para América latina. Bases para su desarrollo. Caracas, Venezuela. Fundación Cavendes, pp 57-72
 - Tosi, E.A., Ré, E., Lucero, H., Masciarelli, R. 2001. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. *Food Chem*, 73: 441-443.
 - Tovar, L. R., Valdibia, M. A. and Brite, E. 1994. Popping amaranth grain state of the art. In Paredes-López, O. (ed) *Amaranth: biology, chemistry and technology*. CRC Press Inc. pp 143-154
 - Troller, J.A. 1973. The water relations of food borne bacterial pathogens. *J. of Milk Food Technol*, 36: 276-282.
 - Xiao, T., Feng, X., Zhang, X., Lui, Y. and Liu, Y. 1995. An analysis of the main character of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm in China. *Oil Crops in China*. 17(4):37-40. In: *Plant Genetic Resources Abstracts* Vol. 6 No 1. 1997.
 - Yermanos, D. M., Hemstreet, S., Saleeb, W. and Huszar, C. K. 1972. Oil content and composition of the seed in the world collection of sesame introductions. *J Am Oil Chem Soc.* 49:20-23

9.- ABREVIATURAS

a.C	antes de Cristo
Art	Artículo
AOAC	Asociación de Comunidades Analíticas
ANOVA	Análisis de Varianza
Aw	actividad acuosa
<i>et al</i>	y otros
C.A.A	Código Alimentario Argentino
COA	Certificado de Análisis
°C	grado Celsius
FAO/WHO	Food and Agriculture Organization/ World Health Organization
Fig.	figura
g	gramo
ha	hectárea
kg	kilogramo
l	litro
m	metro
meq	miliequivalente
mg	miligramo
min	minuto
mm	milímetro
Res. GMC	Resolución Grupo Mercado Común
s	segundo

ANEXO I

10.1 Valores percentiles para la distribución ji-cuadrado

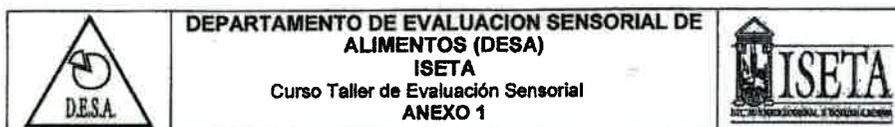


Tabla A7. Valores para la distribución ji-cuadrado

γ	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.90}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.50}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.10}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$	$\chi^2_{.005}$
1	7,88	6,63	5,02	3,84	2,71	1,32	0,46	0,10	0,02	0,004	0,001	0,0002	0,00004
2	10,6	9,21	7,38	5,99	4,61	2,77	1,39	0,58	0,21	0,10	0,05	0,02	0,01
3	12,8	11,3	9,35	7,81	6,25	4,11	2,37	1,21	0,58	0,35	0,22	0,11	0,07
4	14,9	13,3	11,1	9,49	7,78	5,39	3,36	1,92	1,06	0,71	0,48	0,30	0,21
5	16,7	15,1	12,8	11,1	9,24	6,63	4,35	2,67	1,610	1,15	0,83	0,55	0,41
6	18,5	16,8	14,4	12,6	10,6	7,84	5,35	3,45	2,204	1,64	1,24	0,87	0,68
7	20,3	18,5	16,0	14,1	12,0	9,04	6,35	4,25	2,833	2,17	1,69	1,24	0,90
8	22,0	20,1	17,5	15,5	13,4	10,2	7,34	5,07	3,490	2,73	2,18	1,65	1,34
9	23,6	21,7	19,0	16,9	14,7	11,4	8,34	5,90	4,168	3,33	2,70	2,09	1,73
10	25,2	23,2	20,5	18,3	16,0	12,6	9,34	6,74	4,886	3,94	3,25	2,56	2,16
11	26,8	24,7	21,9	19,7	17,3	13,7	10,3	7,58	5,578	4,57	3,82	3,05	2,60
12	28,3	26,2	23,3	21,0	18,5	14,8	11,3	8,44	6,304	5,23	4,40	3,57	3,07
13	29,8	27,7	24,7	22,4	19,8	16,0	12,3	9,30	7,041	5,89	5,01	4,11	3,57
14	31,3	29,1	26,1	23,7	21,1	17,1	13,3	10,2	7,790	6,57	5,63	4,66	4,07
15	32,8	30,6	27,5	25,0	22,3	18,2	14,3	11,0	8,547	7,26	6,26	5,23	4,60
16	34,3	32,0	28,8	26,3	23,5	19,4	15,3	11,9	9,312	7,96	6,91	5,81	5,14
17	35,7	33,4	30,2	27,6	24,8	20,5	16,3	12,8	10,1	8,67	7,56	6,41	5,70
18	37,2	34,8	31,5	28,9	26,0	21,6	17,3	13,7	10,9	9,39	8,23	7,01	6,26
19	38,6	36,2	32,9	30,1	27,2	22,7	18,3	14,6	11,7	10,1	8,91	7,63	6,84
20	40,0	37,6	34,2	31,4	28,4	23,8	19,3	15,5	12,4	10,9	9,59	8,26	7,43
21	41,4	38,9	35,5	32,7	29,6	24,9	20,3	16,3	13,2	11,8	10,3	8,90	8,03
22	42,8	40,3	36,8	33,9	30,8	26,0	21,3	17,2	14,0	12,3	11,0	9,54	8,64
23	44,2	41,6	38,1	35,2	32,0	27,1	22,3	18,1	14,8	13,1	11,7	10,2	9,26
24	45,6	43,0	39,4	36,4	33,2	28,2	23,3	19,0	15,7	13,8	12,4	10,9	9,88
25	46,9	44,3	40,6	37,7	34,4	29,3	24,3	19,9	16,5	14,6	13,1	11,5	10,5
26	48,3	45,6	41,9	38,9	35,6	30,4	25,3	20,8	17,3	15,4	13,8	12,2	11,2
27	49,6	47,0	43,2	40,1	36,7	31,5	26,3	21,7	18,1	16,2	14,6	12,9	11,8
28	51,0	48,3	44,5	41,3	37,9	32,6	27,3	22,7	18,9	16,9	15,3	13,6	12,5
29	52,3	49,6	45,7	42,6	39,1	33,7	28,3	23,6	19,8	17,7	16,0	14,3	13,1
30	53,7	50,9	47,0	43,8	40,3	34,8	29,3	24,5	20,6	18,5	16,8	15,0	13,8
40	66,8	63,7	59,3	55,8	51,8	45,8	39,3	33,7	29,1	26,5	24,4	22,2	20,7
50	79,5	76,2	71,4	67,5	63,2	56,3	49,3	42,9	37,7	34,8	32,4	29,7	28,0
60	92,0	88,4	83,3	79,1	74,4	67,0	59,3	52,3	46,5	43,2	40,5	37,5	35,5
70	104,2	100,4	95,0	90,5	85,5	77,6	69,3	61,7	55,3	51,7	48,8	45,4	43,3
80	116,3	112,3	106,6	101,9	96,6	88,1	79,3	71,1	64,3	60,4	57,2	53,5	51,2
90	128,3	124,1	118,1	113,1	107,6	98,6	89,3	80,6	73,3	69,1	65,6	61,8	59,2
100	140,2	135,8	129,6	124,3	118,5	109,1	99,3	90,1	82,4	77,9	74,2	70,1	67,3

ANEXO II

11.1 Análisis estadístico para los Parámetros de la información nutricional

Antes de realizar el ANOVA se testea la hipótesis de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas

11.1.1 Test para Humedad

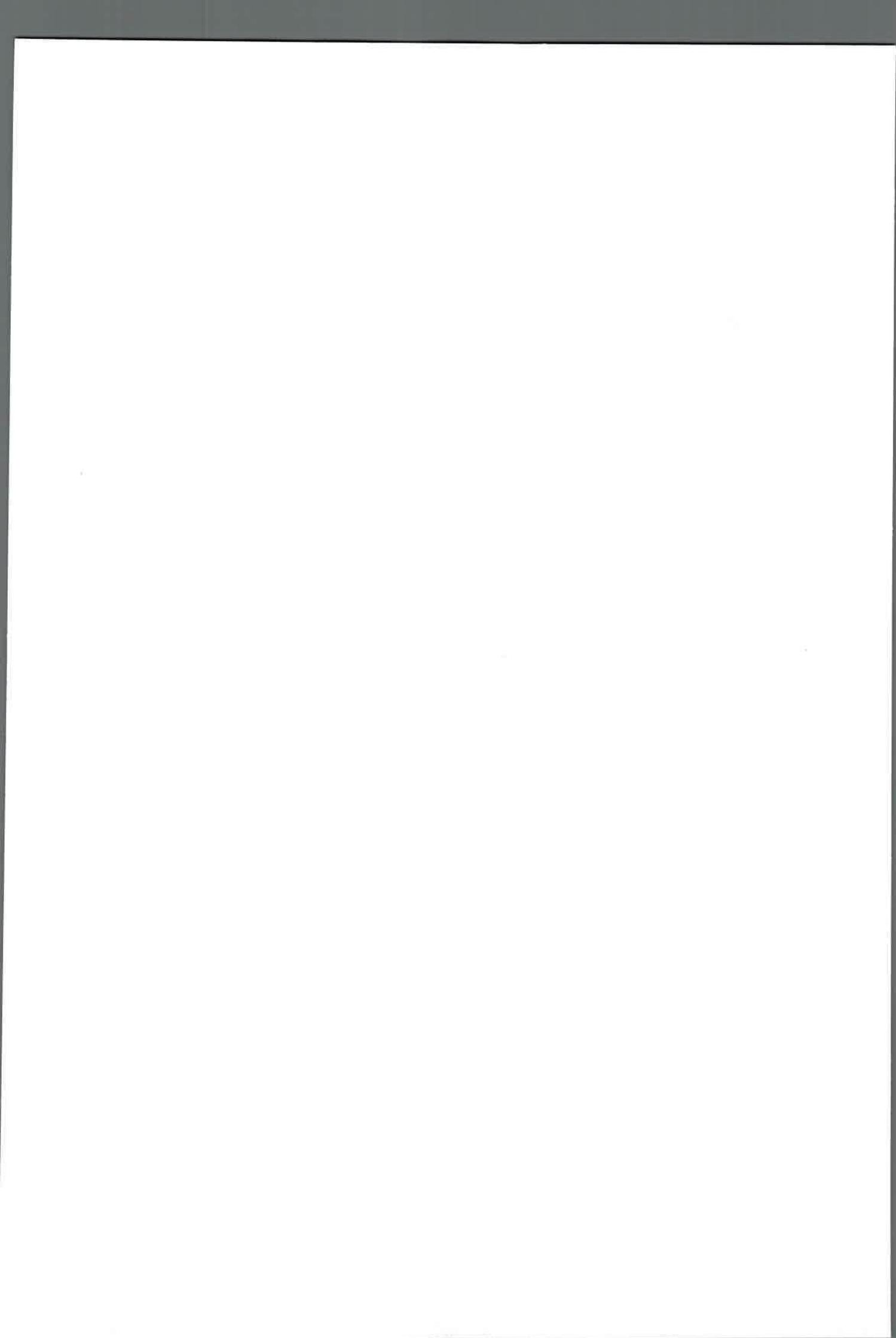
11.1.1.1 Test de Normalidad

```
humedad=read.table("clipboard",header=T)
```

```
humedad
```

Muestras	Temperatura (°C)	Humedad
1	70	5.53
2	70	5.55
3	70	5.51
4	80	5.58
5	80	5.61
6	80	5.60
7	100	5.57
8	100	5.49
9	100	5.51

```
attach(humedad)
```



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

```
shapiro.test(HUMEDAD)
```

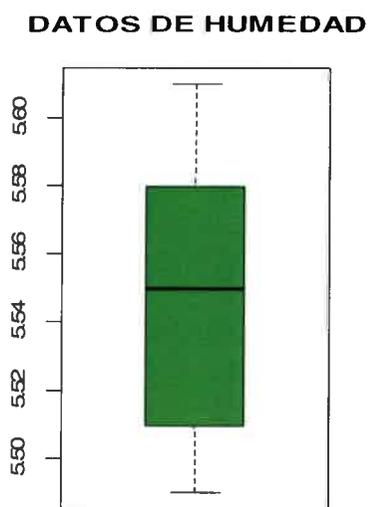
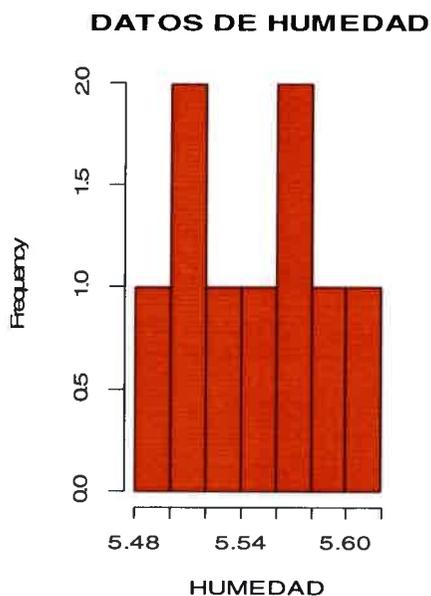
Shapiro-Wilk normality test

data: HUMEDAD

$W = 0.9456$, $p\text{-value} = 0.6425$ los datos son normales

```
hist(HUMEDAD,main="DATOS DE HUMEDAD",col=2)
```

```
boxplot(HUMEDAD,main="DATOS DE HUMEDAD",col=3)
```



11.1.1.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(HUMEDAD,TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

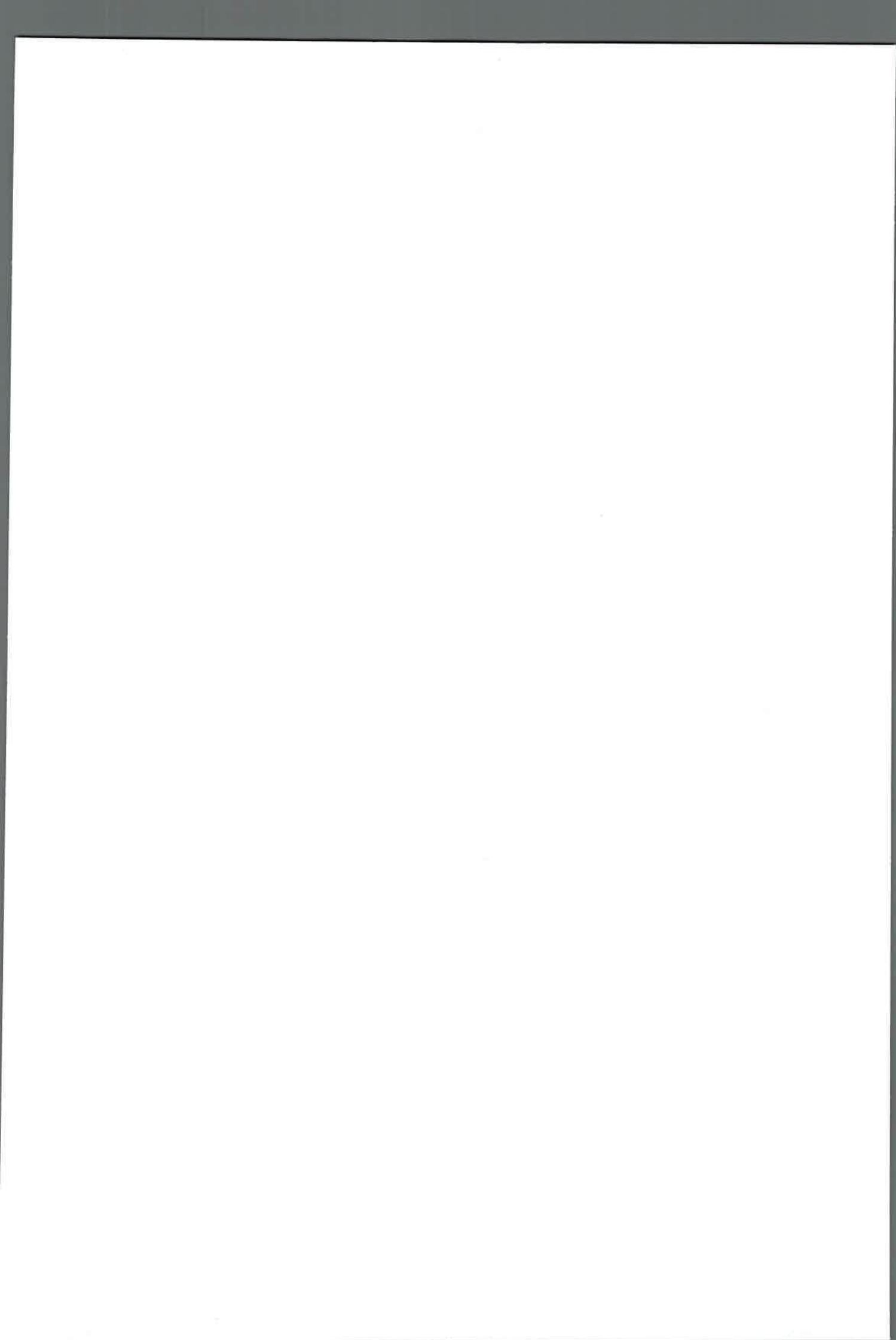
Df F value Pr(>F)

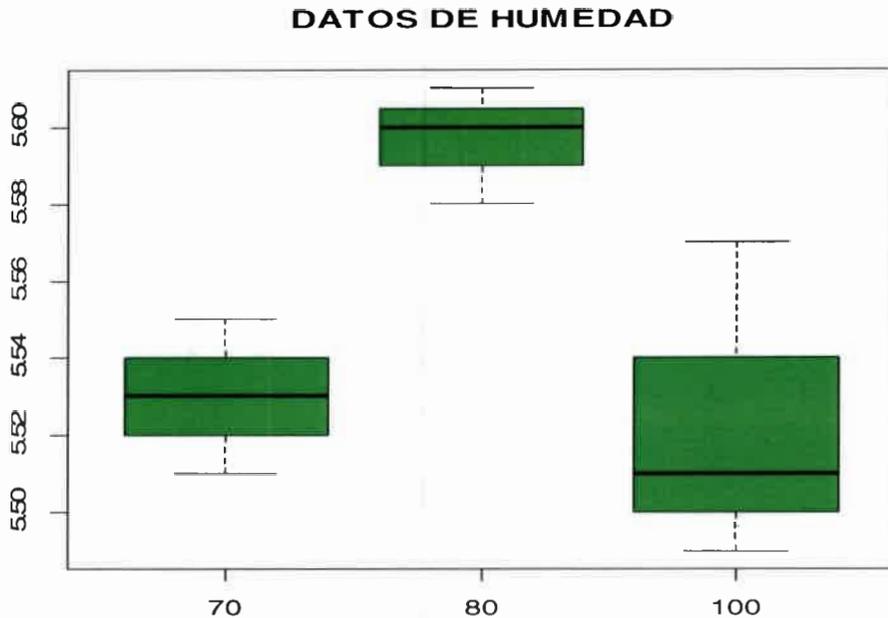
group 2 0.6 **0.5787** Las varianzas son homogéneas

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(humedad$HUMEDAD~TEMPERATURA,main="DATOS HUMEDAD",col=3)
```

DE





Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperatura 70, 80 y 100 °C son diferentes.

11.1.1.3 Análisis de Varianza

```
HUMEDAD.AOV=aov(HUMEDAD~TEMPERATURA)
```

```
summary(HUMEDAD.AOV)
```

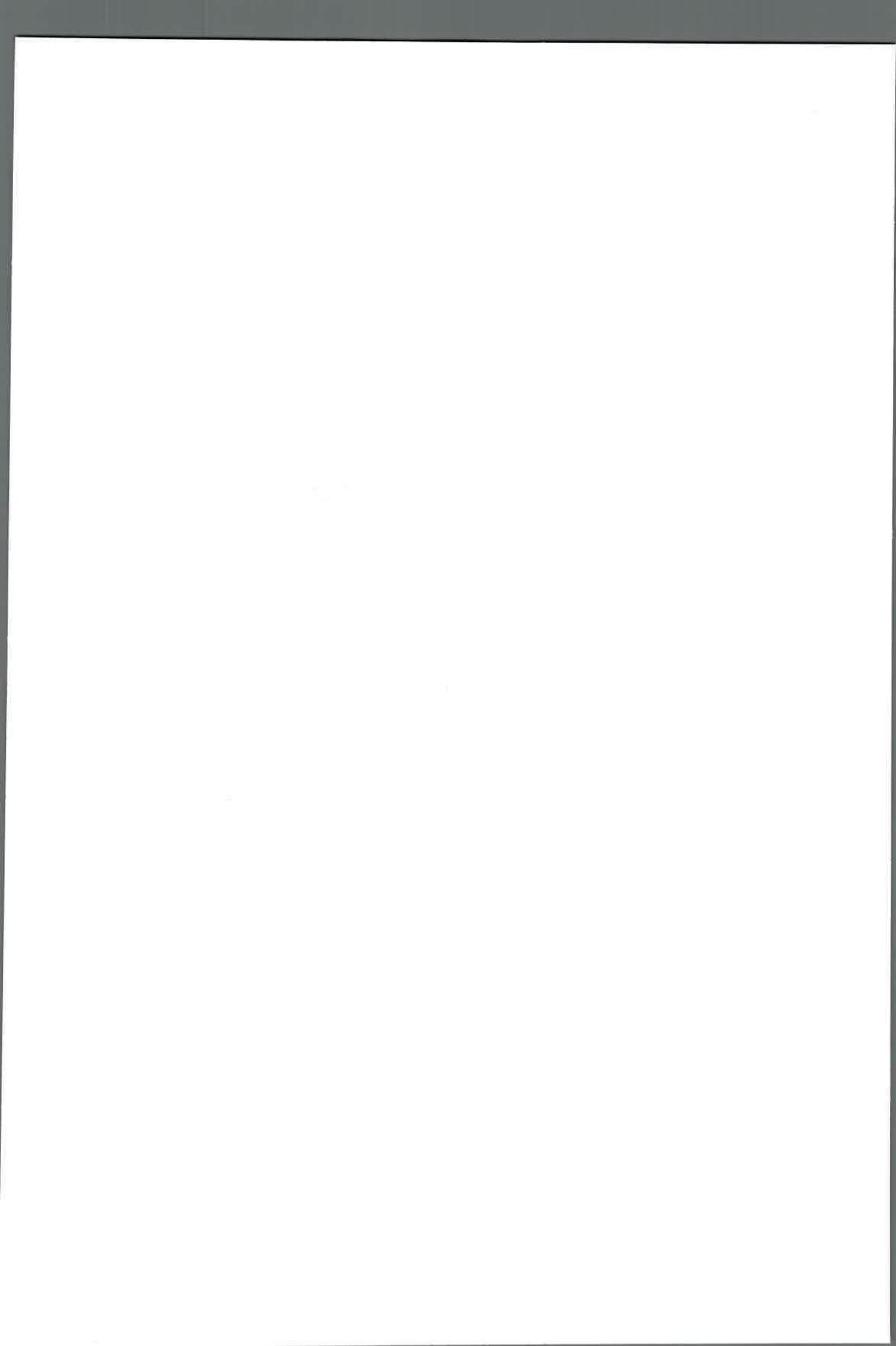
```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.009867 0.004933 6.254 0.0341 *
```

```
Residuals 6 0.004733 0.000789
```

```
---
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```



La tabla muestra que no hay diferencia significativa entre las medias de la HUMEDAD para las tres temperaturas, p-valor=0.0341 al 99% de confianza, si lo hay al 95% de confianza.

11.1.2 Test para Fibra Bruta

11.1.2.1 Test de Normalidad

```
FIBRA=c(5.35,5.27,5.38,5.41,5.37,5.28,5.40,5.39,5.36)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
fibra=data.frame(TEMPERATURA,FIBRA)
```

```
fibra
```

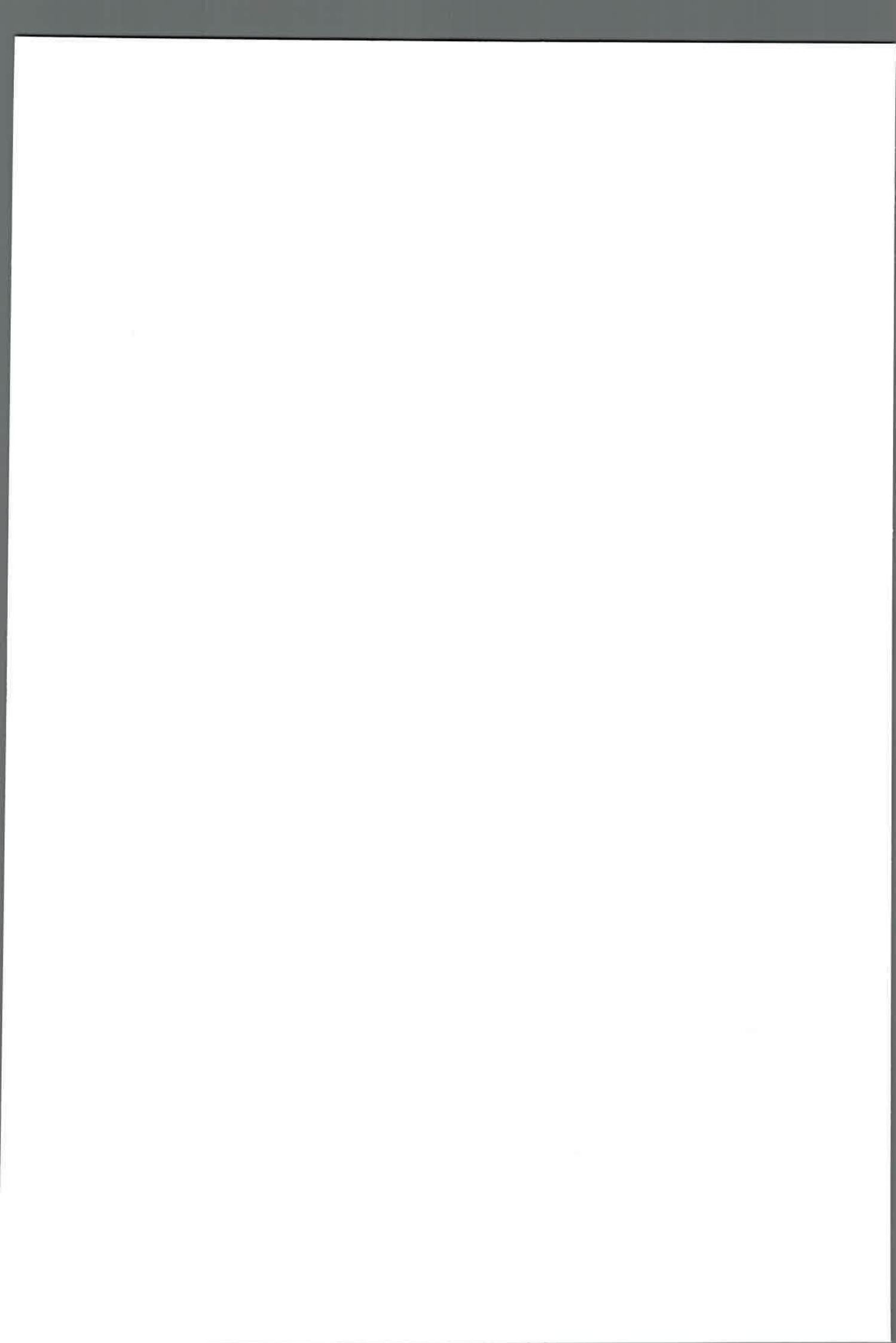
Muestras	Temperatura (°C)	Fibra
1	70	5.35
2	70	5.27
3	70	5.38
4	80	5.41
5	80	5.37
6	80	5.28
7	100	5.40
8	100	5.39
9	100	5.36

```
shapiro.test(FIBRA)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: FIBRA

$W = 0.8601$, **p-value = 0.09611** Los datos son normales

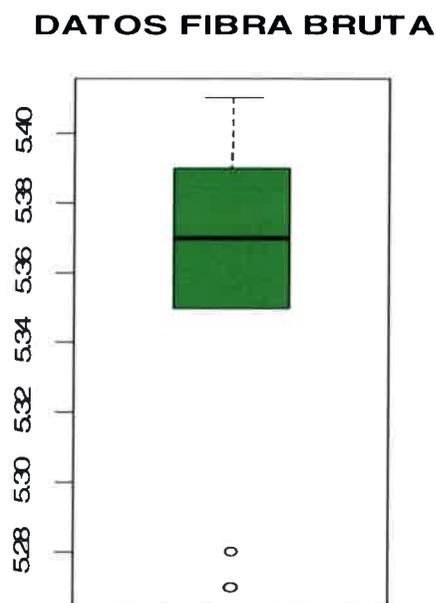
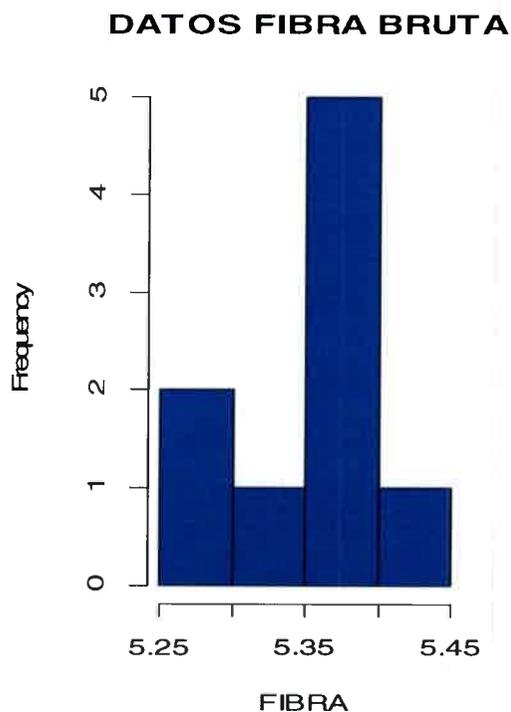


Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(FIBRA,main="DATOS FIBRA BRUTA",col=4)
```

```
boxplot(FIBRA,main="DATOS FIBRA BRUTA",col=3)
```



11.1.2.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(FIBRA,TEMPERATURA)
```

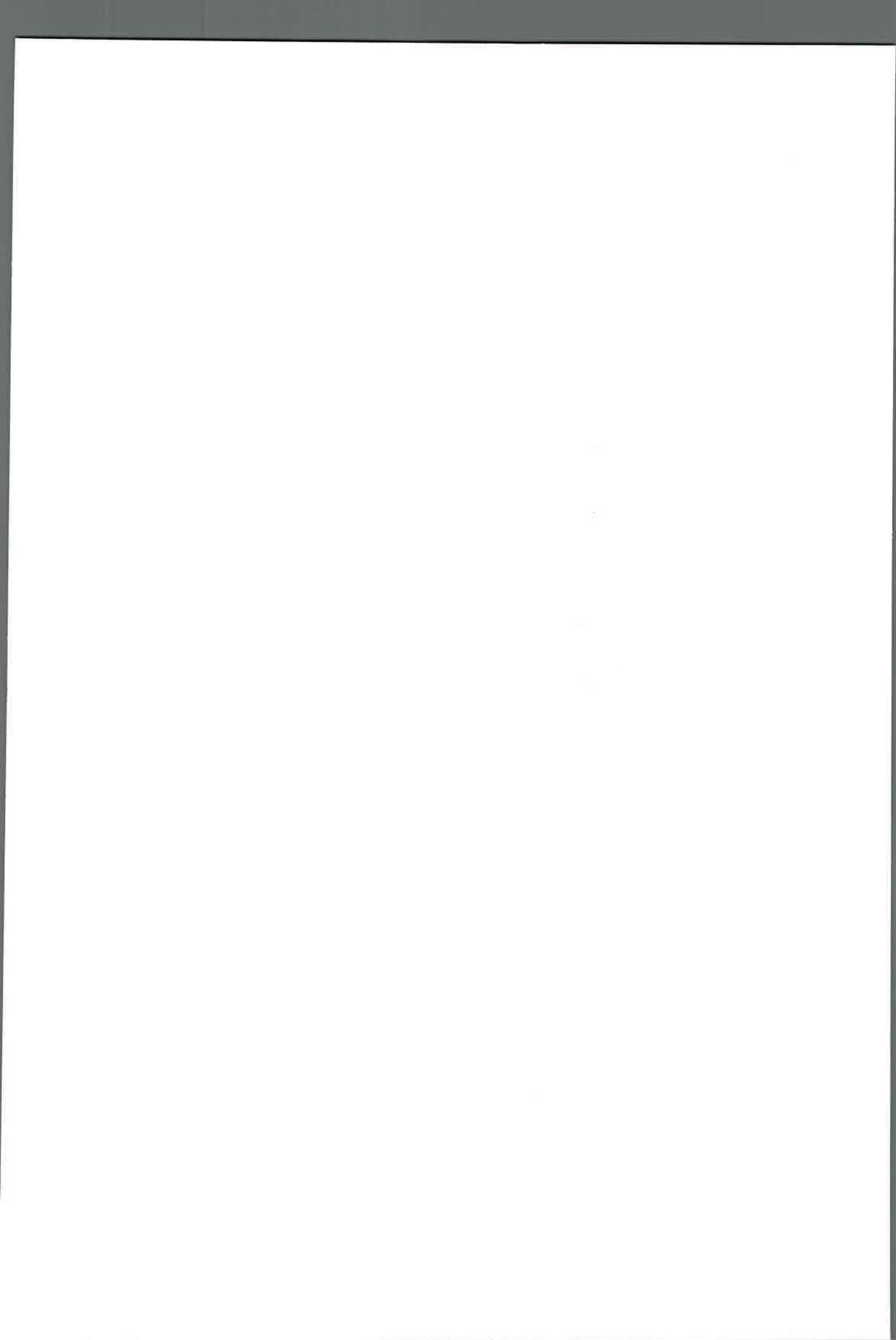
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

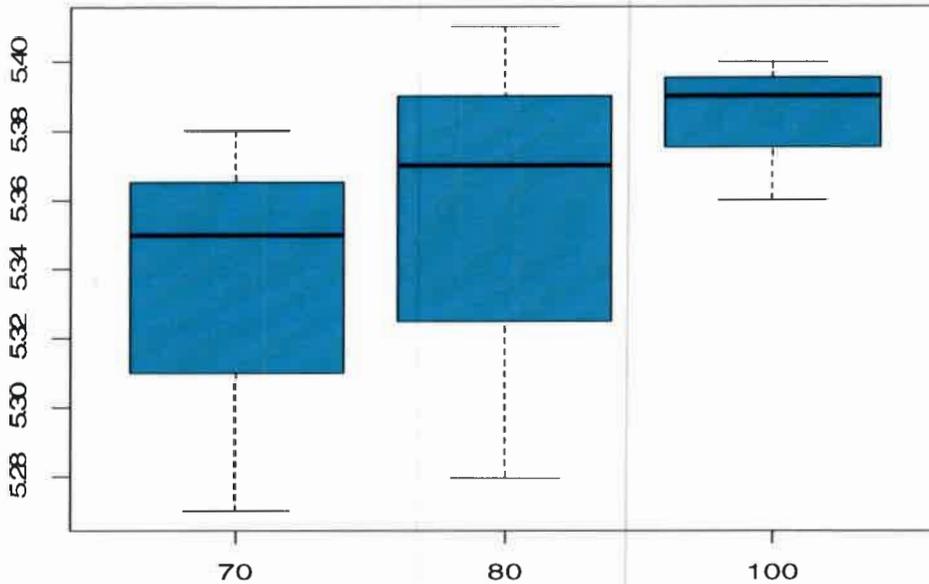
group 2 0.5726 **0.5921** Las varianzas son homogéneas 6

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(FIBRA~TEMPERATURA,,main="DATOS FIBRA BRUTA",col=5)
```



DATOS FIBRA BRUTA



Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperatura 70, 80 y 100 °C son diferentes.

11.1.2.3 Análisis de Varianza

```
fibra.aov=aov(FIBRA~TEMPERATURA)
```

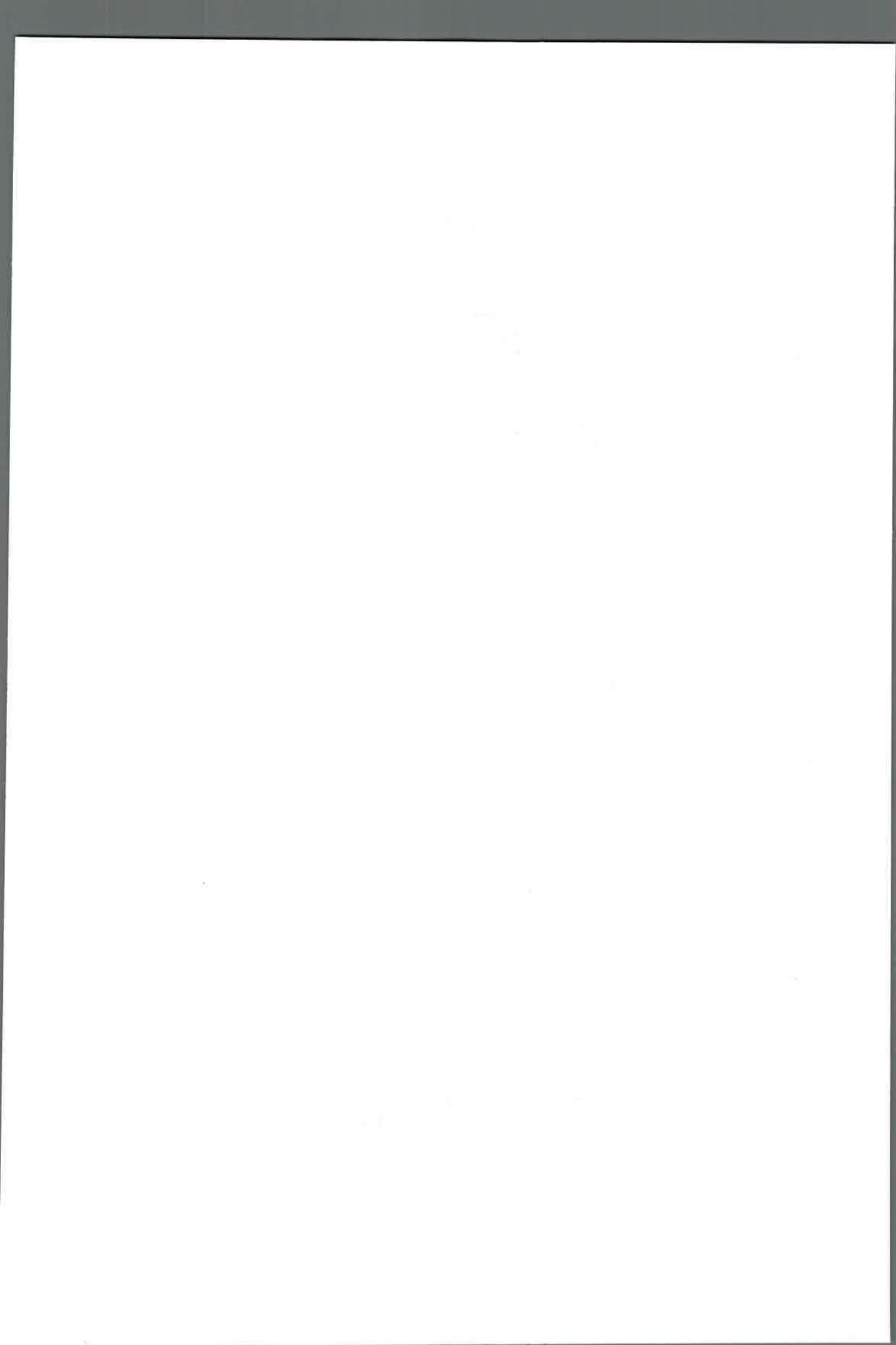
```
summary(fibra.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.0038 0.0019 0.704 0.531
```

```
Residuals 6 0.0162 0.0027
```

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, p-valor= 0,531 entre las medias de la FIBRA BRUTA para los tres niveles de temperaturas.



11.1.3. Test para Hidratos de Carbono

11.1.3.1 Test de Normalidad

```
HIDRATOS=c(55.29,55.27,55.26,55.29,55.44,55.57,55.41,55.59,55.28)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
hidratos=data.frame(TEMPERATURA,HIDRATOS)
```

```
hidratos
```

Muestras	Temperaturas(°C)	Hidratos
1	70	55.29
2	70	55.27
3	70	55.26
4	80	55.29
5	80	55.44
6	80	55.57
7	100	55.41
8	100	55.59
9	100	55.28

```
shapiro.test(HIDRATOS)
```

Shapiro-Wilk normality test

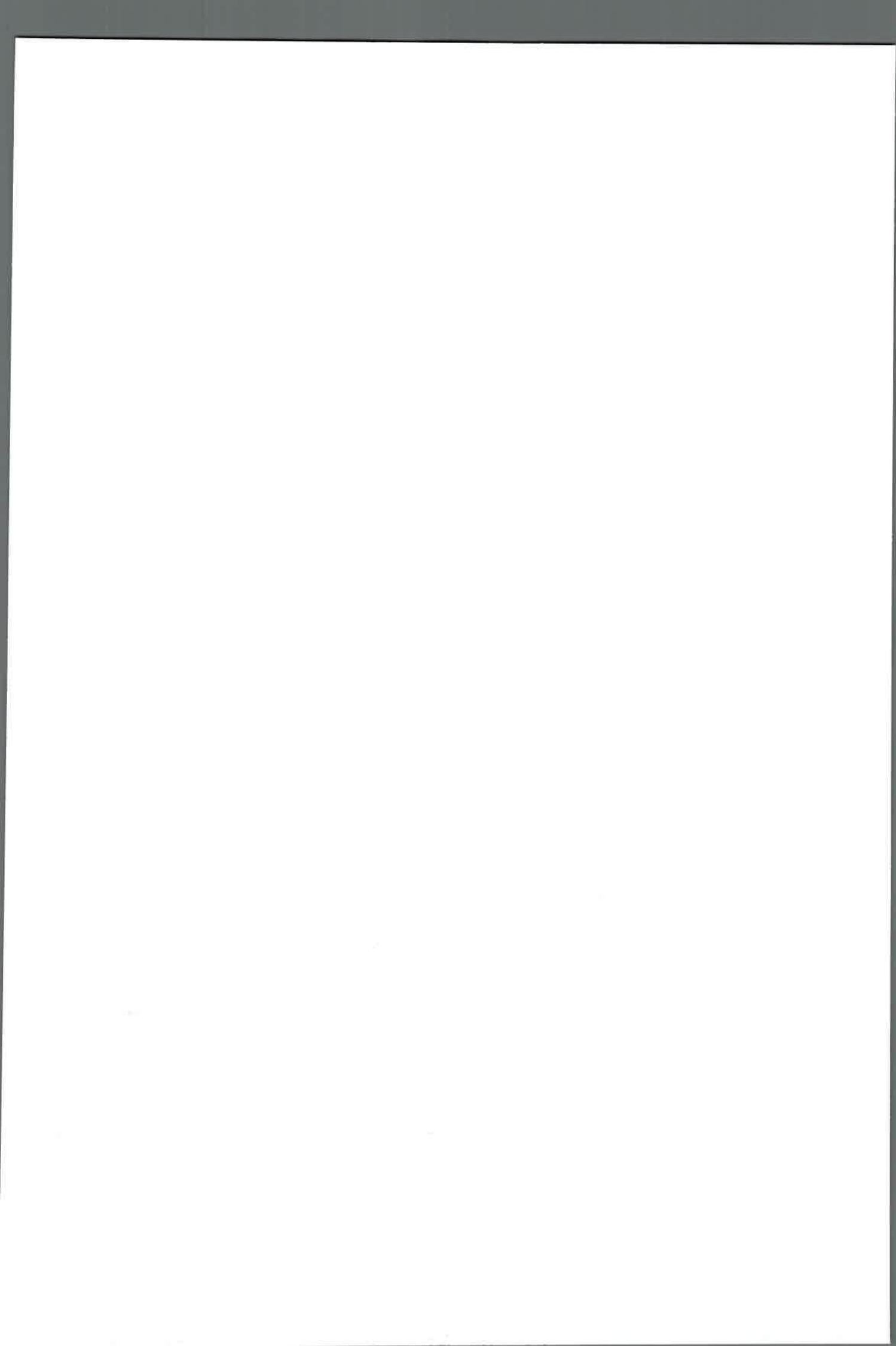
data: HIDRATOS

W = 0.8154, p-value = 0.03057 LOS DATOS SON NORMALES AL 99% PERO NO AL 95% DE CONFIANZA

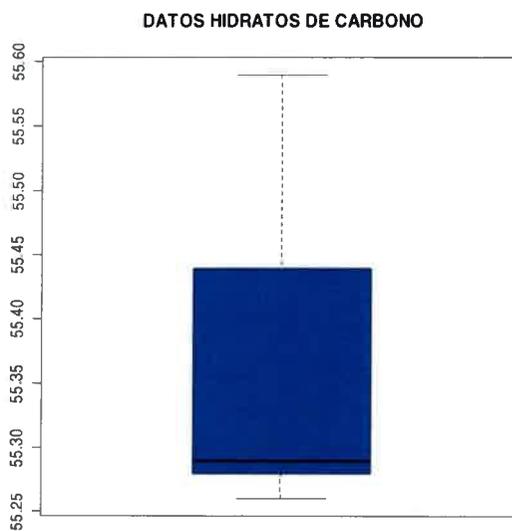
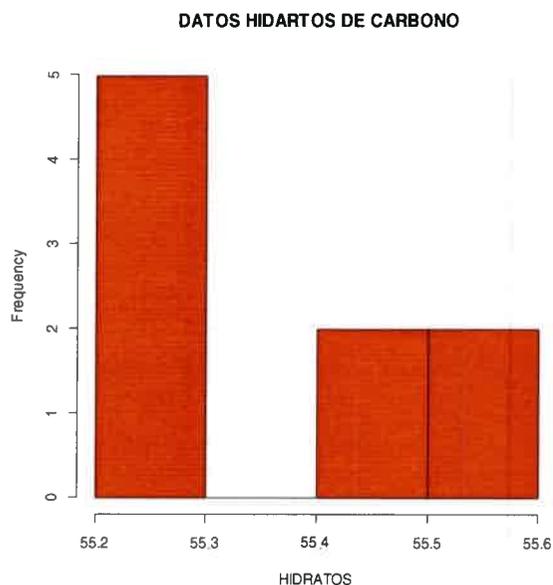
```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(HIDRATOS,main="DATOS HIDARTOS DE CARBONO",col=2,nclass=4)
```

```
boxplot(HIDRATOS,main="DATOS HIDRATOS DE CARBONO",col=4)
```



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



11.1.3 2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(HIDRATOS,TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

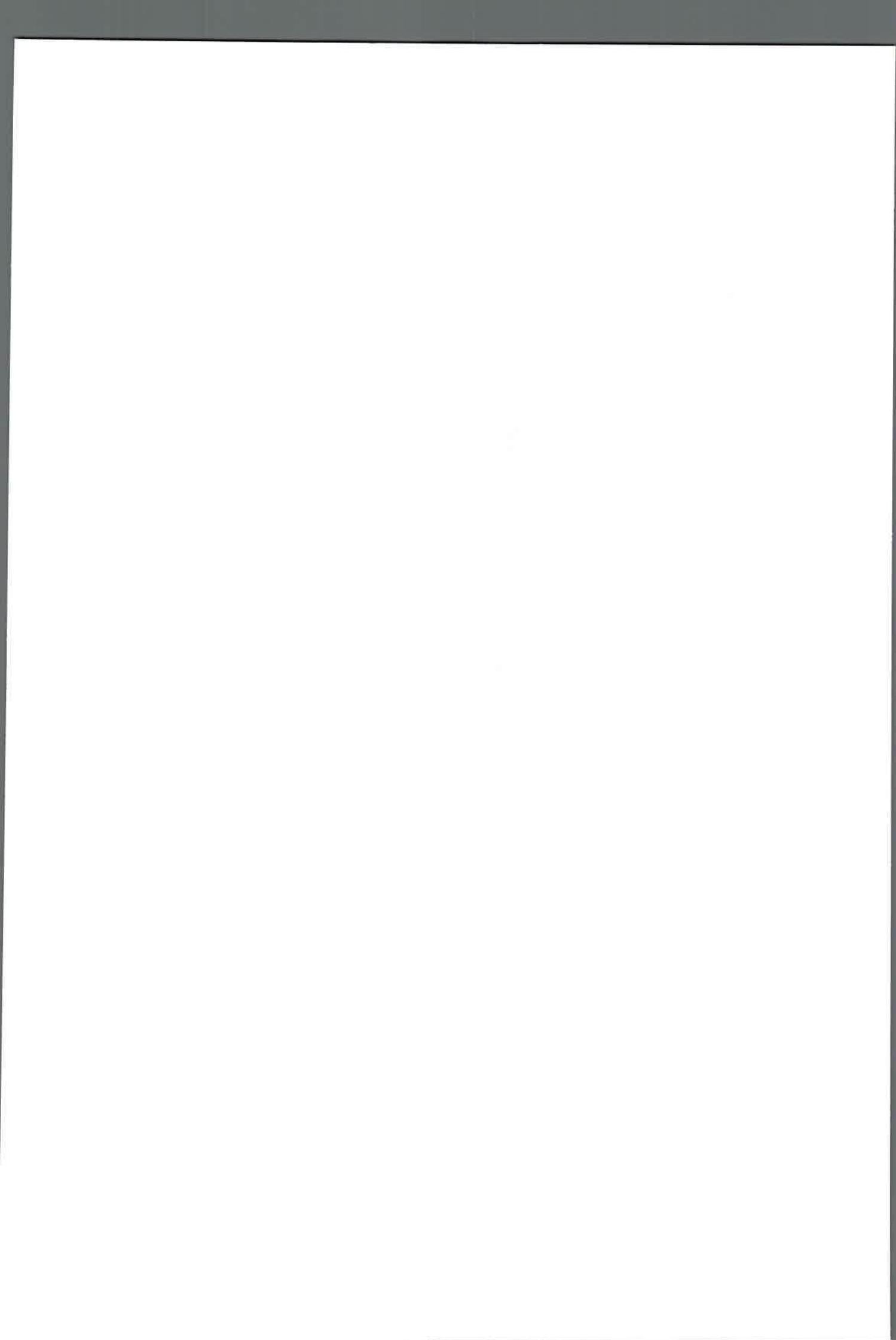
Df F value Pr(>F)

group 2 1.538 **0.2889** las varianzas son homogéneas

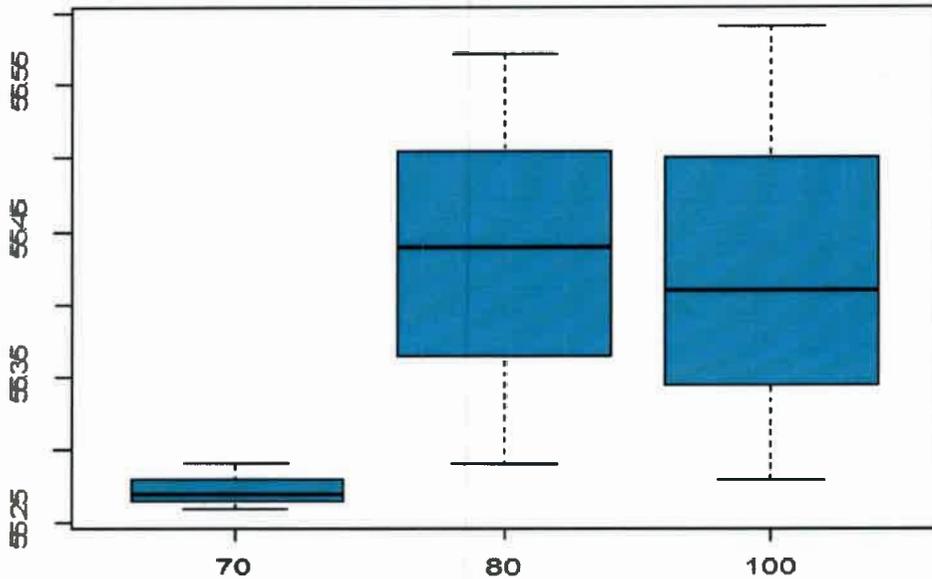
6

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(HIDRATOS~TEMPERATURA,,main="DATOS HIDRATOS DE CARBONO",col=5)
```



DATOS HIDRATOS DE C



Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperaturas 70, 80 y 100 °C son diferentes.

11.1.3.3 Análisis de Varianza

```
hidratos.aov=aov(HIDRATOS~TEMPERATURA)
```

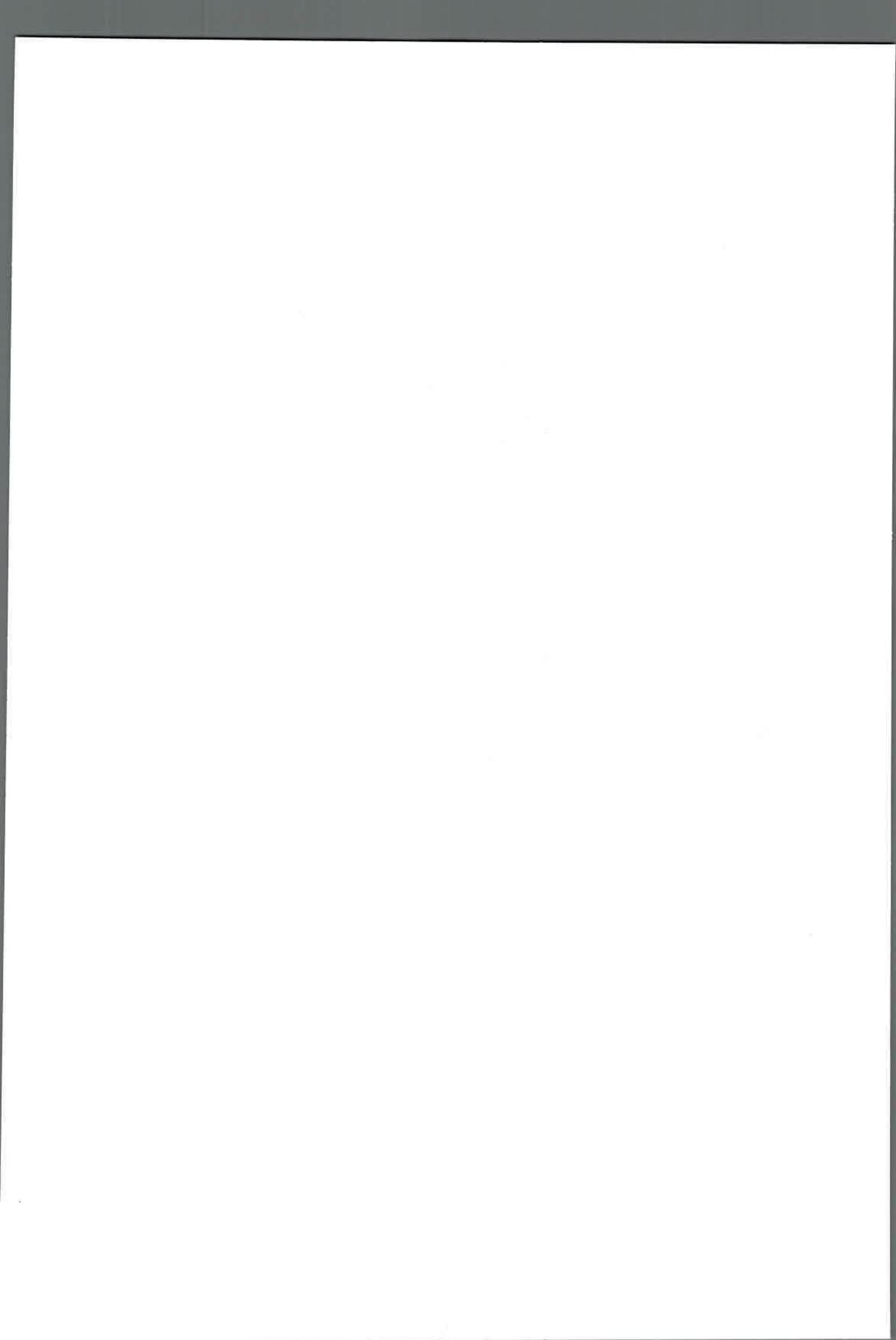
```
summary(fibra.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.04916 0.02458 1.672 0.265
```

```
Residuals 6 0.08820 0.01470
```

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, p-valor= 0,265 entre las medias de la HIDRATOS DE CARBONO para los tres niveles de temperaturas.



11.1.4. Test para Valor Energético

11.1.4.1 Test de Normalidad

```
ENERGETICO=c(396.41,396.52,396.39,396.09,396.15,396.06,396.04,396.28,396.62)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
energetico=data.frame(TEMPERATURA,ENERGETICO)
```

```
energetico
```

```
shapiro.test(ENERGETICO)
```

Shapiro-Wilk normality test

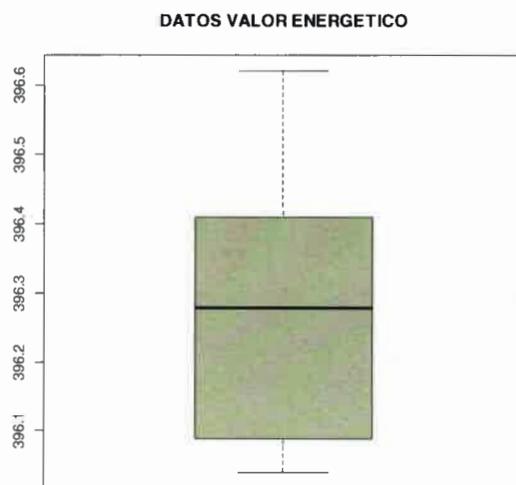
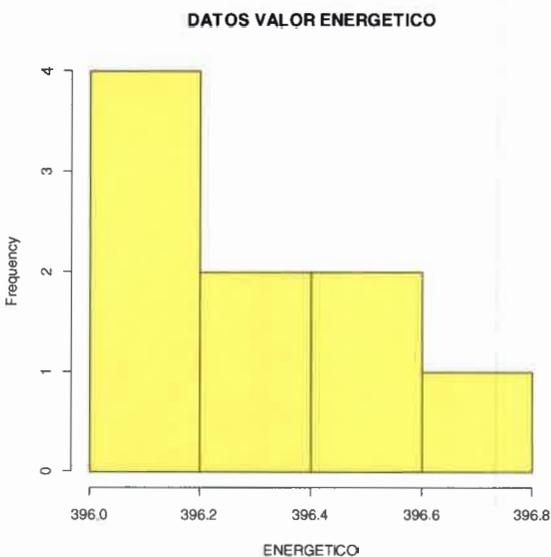
```
data: ENERGETICO
```

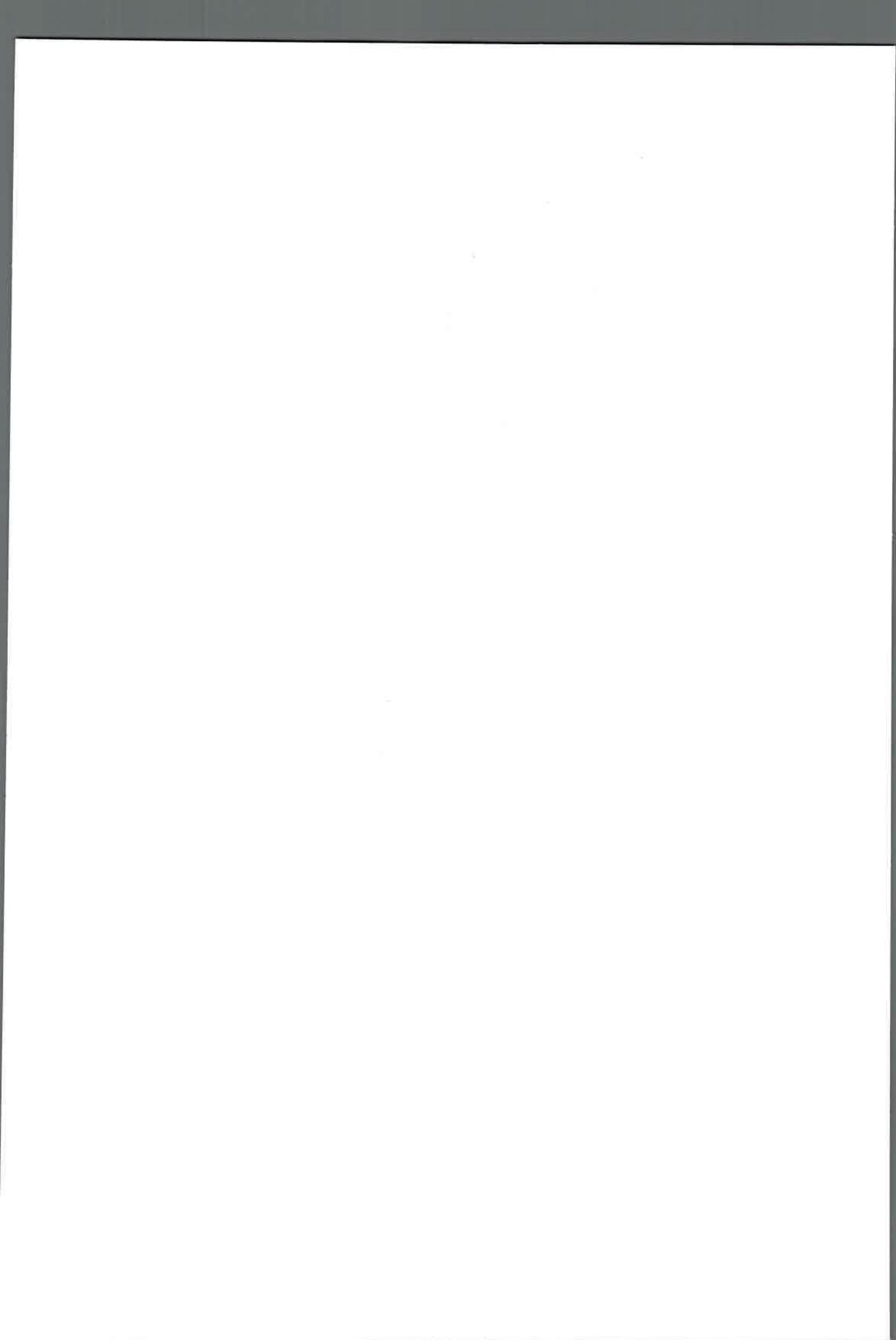
$W = 0.9217$, **p-value = 0.4061** los datos son normales

```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(ENERGETICO,main="DATOS VALOR ENERGETICO",col=7,nclass=4)
```

```
boxplot(ENERGETICO,main="DATOS VALOR ENERGETICO",col=8)
```





11.1.4.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(ENERGETICO,TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

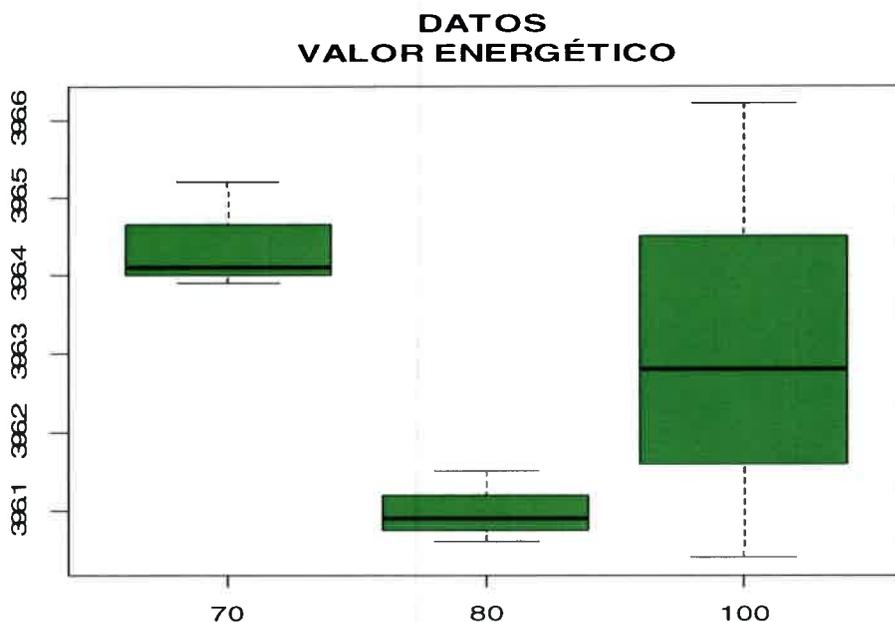
Df F value Pr(>F)

group 2 2.1233 0.2008 las varianzas son homogéneas

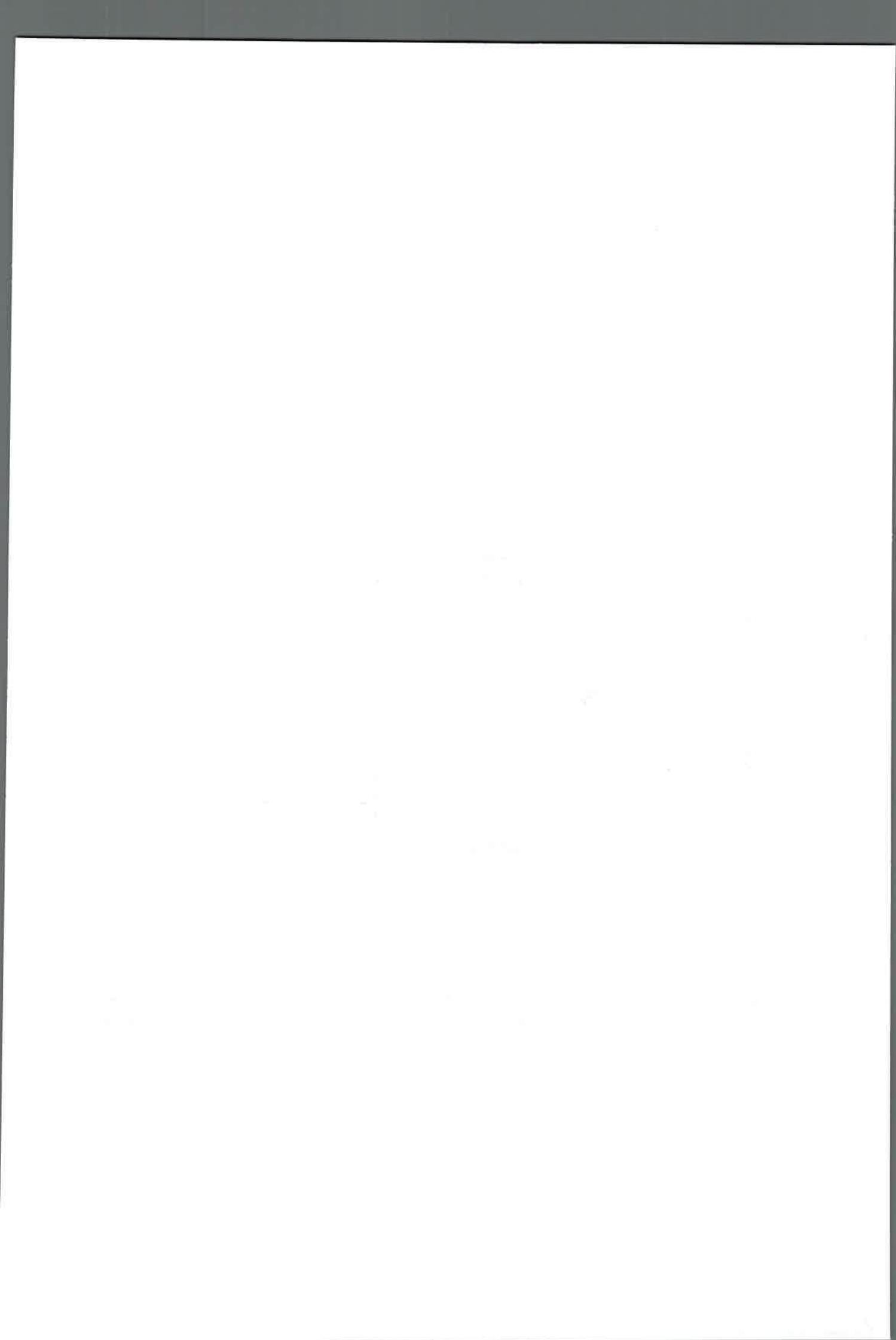
6

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(ENERGETICO~TEMPERATURA,,main="DATOS VALOR ENERGETICO",col=3)
```



Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperaturas 70, 80 y 100 °C son diferentes.



11.1.4.3 Análisis de Varianza

```
energetico.aov=aov(ENERGETICO~TEMPERATURA)
```

```
summary(energetico.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.1772 0.08858 2.891 0.132
```

```
Residuals 6 0.1839 0.03064
```

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, p-valor= 0.132 entre las medias del VALOR ENERGÉTICO para los tres niveles de temperaturas.

11.1.5 Test para Cenizas

11.1.5.1 Test de Normalidad

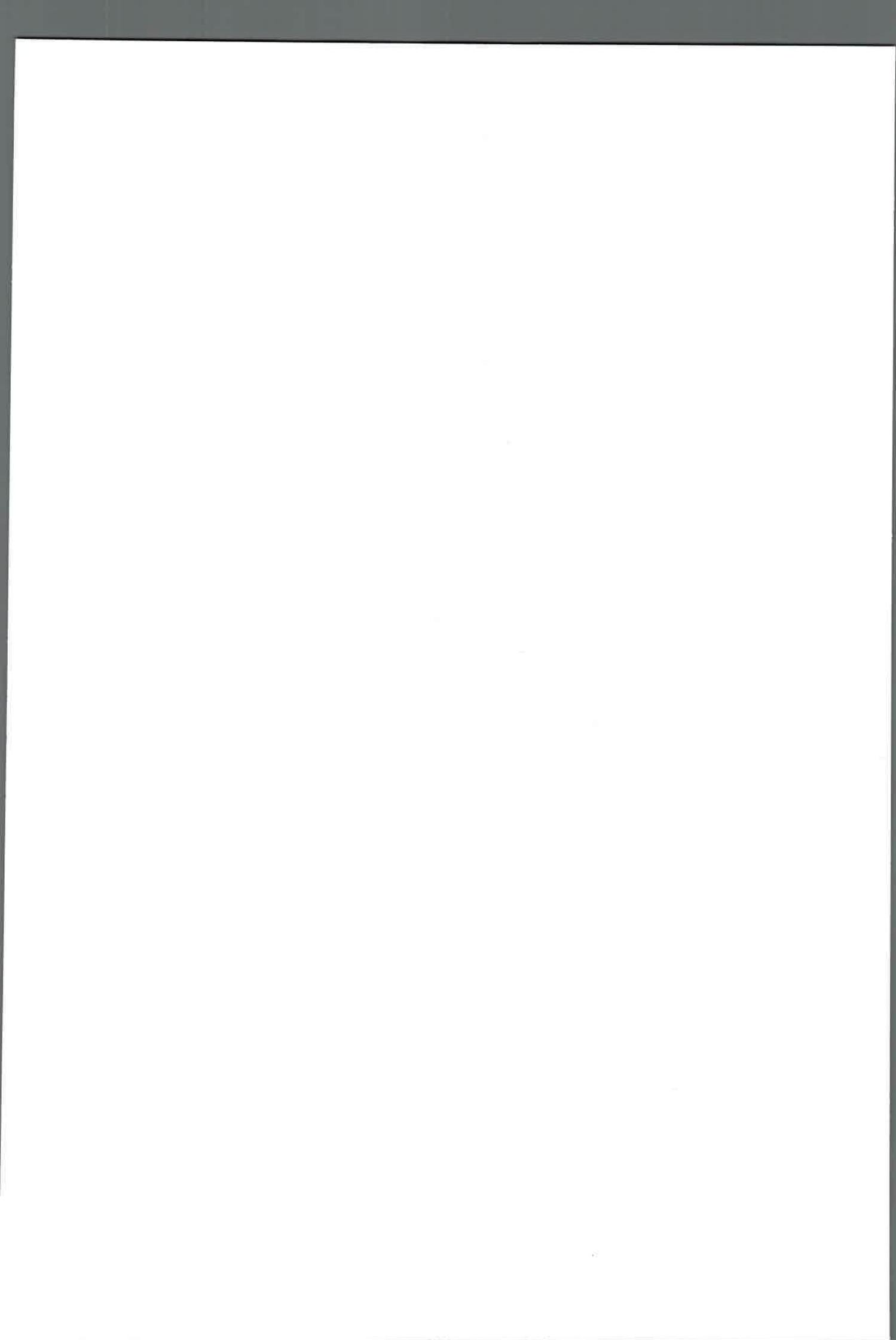
```
CENIZAS=c(3.58,3.65,3.75,3.60,3.42,3.48,3.48,3.50,3.60)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
cenizas=data.frame(TEMPERATURA,CENIZAS)
```

```
cenizas
```

Muestras	Temperatura (°C)	Cenizas
1	70	3.58
2	70	3.65
3	70	3.75
4	80	3.60
5	80	3.42
6	80	3.48
7	100	3.48
8	100	3.50
9	100°	3.60



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

```
shapiro.test(CENIZAS)
```

Shapiro-Wilk normality test

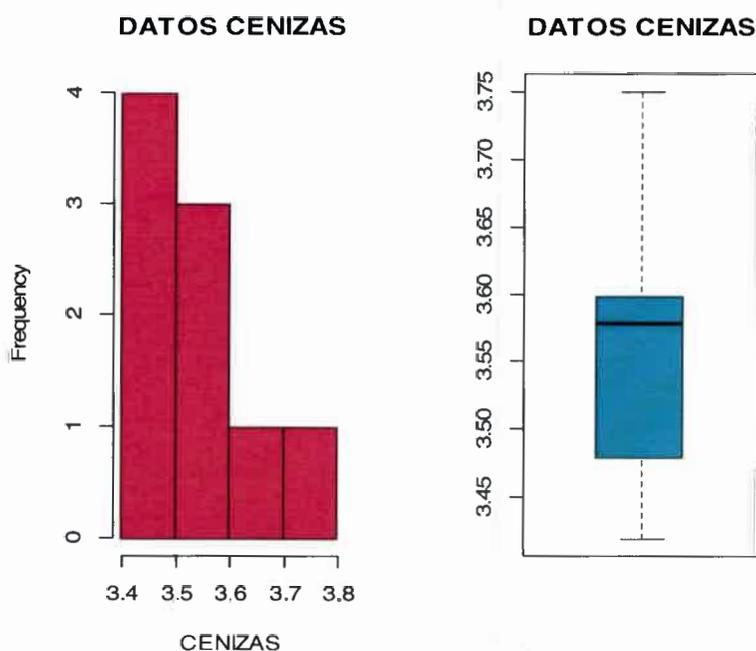
data: CENIZAS

$W = 0.954$, **p-value = 0.7345** Los datos son normales

```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(CENIZAS,main="DATOS CENIZAS",col=6,nclass=4)
```

```
boxplot(CENIZAS,main="DATOS CENIZAS",col=5)
```



11.1.5.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

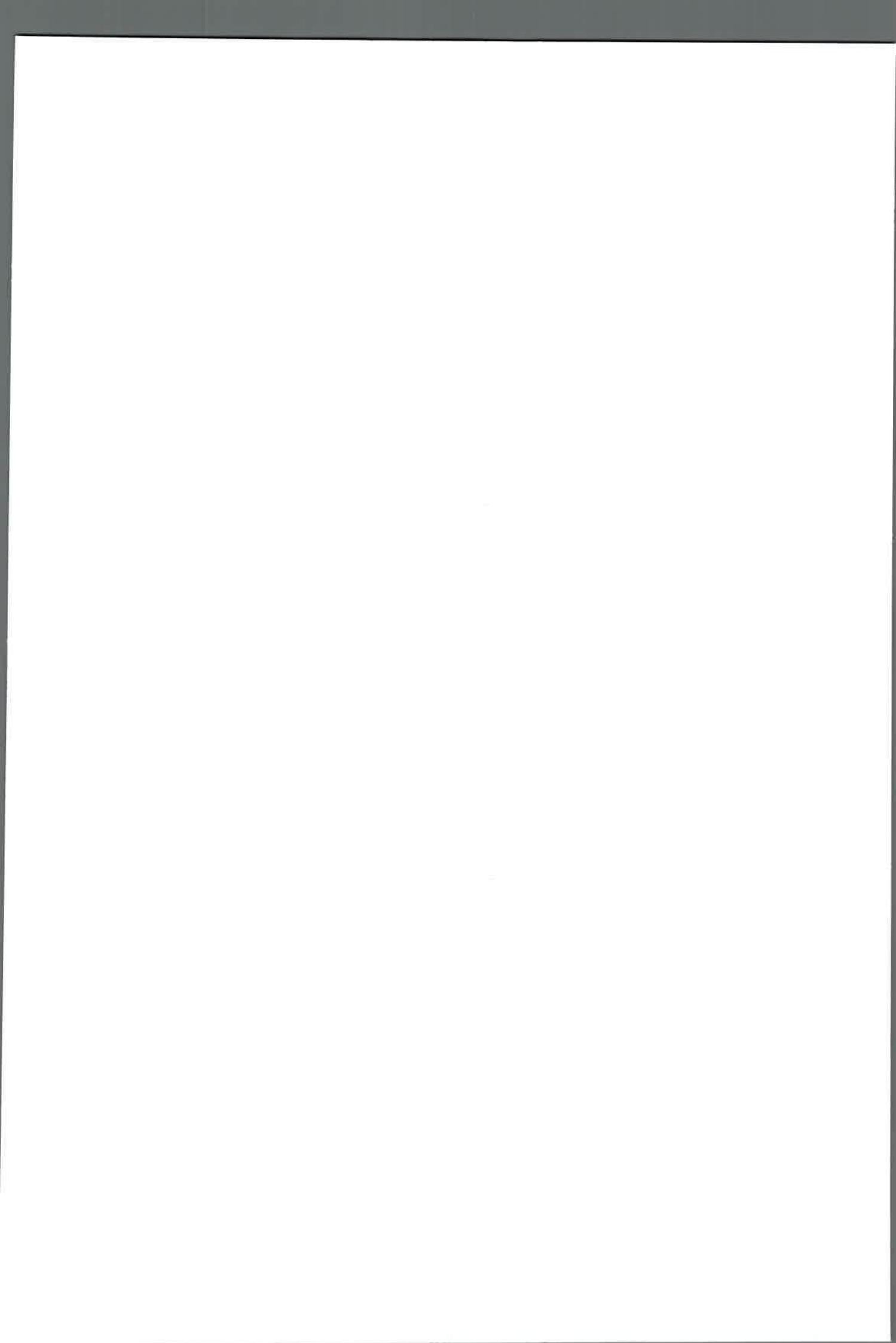
```
levene.test(CENIZAS,TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

group 2 0.1144 **0.8938** Las varianzas son homogéneas

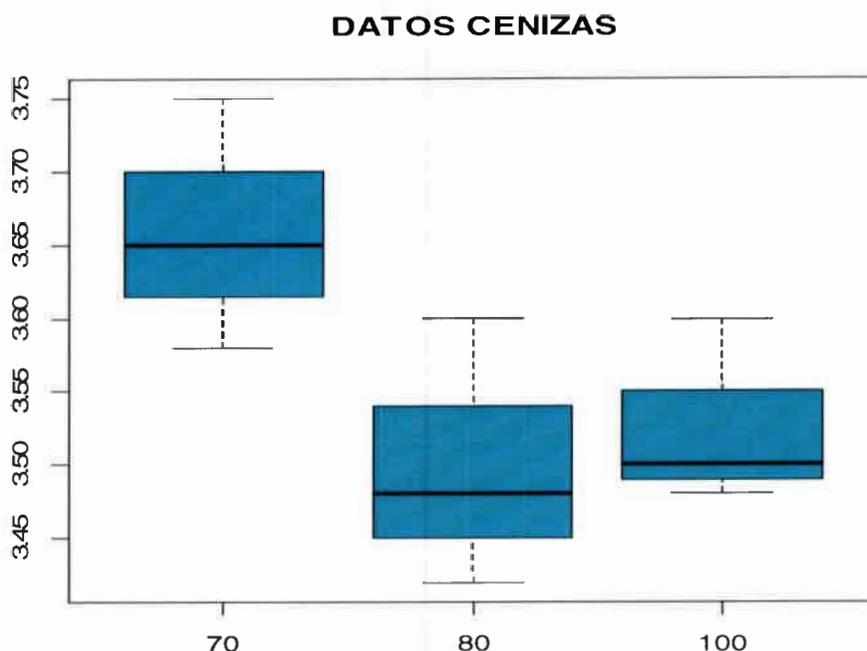
6



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(CENIZAS~TEMPERATURA,,main="DATOS CENIZAS",col=5)
```



Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperaturas 70, 80 y 100 °C son diferentes.

11.1.5.3 Análisis de Varianza

```
cenizas.aov=aov(CENIZAS~TEMPERATURA)
```

```
summary(cenizas.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.04409 0.022044 3.334 0.106
```

```
Residuals 6 0.03967 0.006611
```

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos *şalados* a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, p -valor= 0.106 entre las medias de CENIZAS para los tres niveles de temperaturas.

11.1.6 Test para Grasas

11.1.6.1 Test de Normalidad

```
GRASAS=c(10.85,10.88,10.79,10.89,10.75,10.70,10.84,10.76,10.90)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
grasas=data.frame(TEMPERATURA,GRASAS)
```

grasas

Muestras	Temperatura °C	Grasas
1	70	10.85
2	70	10.88
3	70	10.79
4	80	10.89
5	80	10.75
6	80	10.70
7	100	10.84
8	100	10.76
9	100	10.90

```
shapiro.test(GRASAS)
```

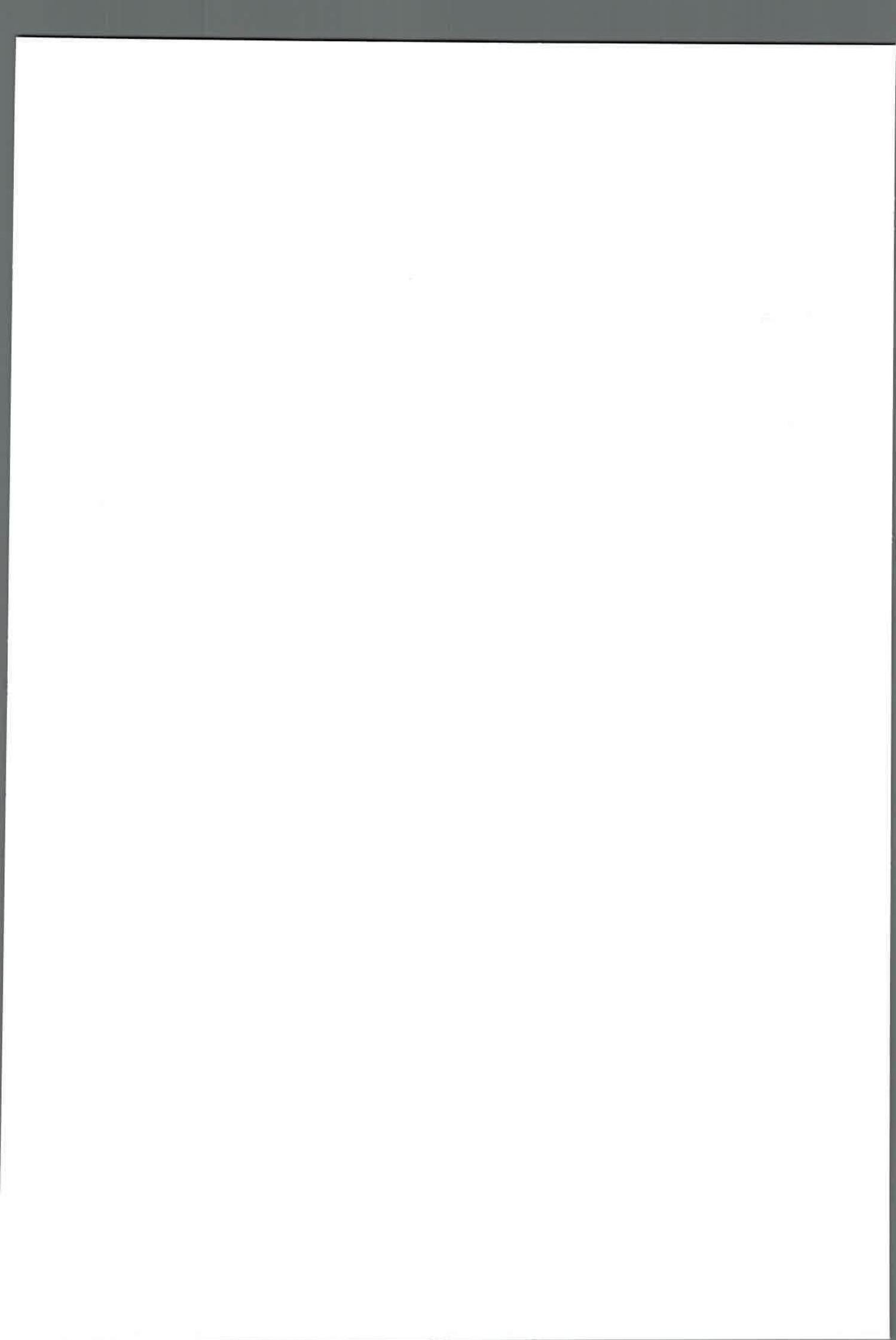
Shapiro-Wilk normality test

data: GRASAS

$W = 0.9286$, **p -value = 0.4679** *Los datos son normales*

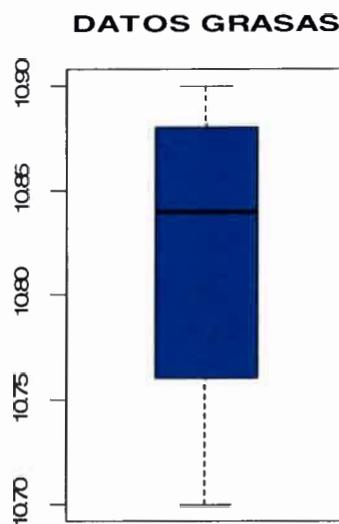
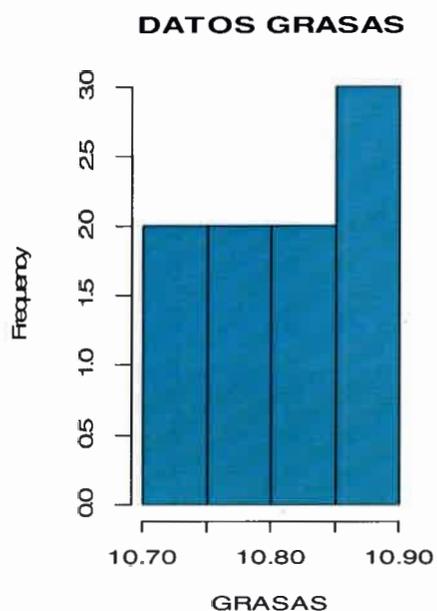
```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(GRASAS,main="DATOS GRASAS",col=13,nclass=4)
```



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

```
boxplot(GRASAS,main="DATOS GRASAS",col=20)
```



11.1.6.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(GRASAS,TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

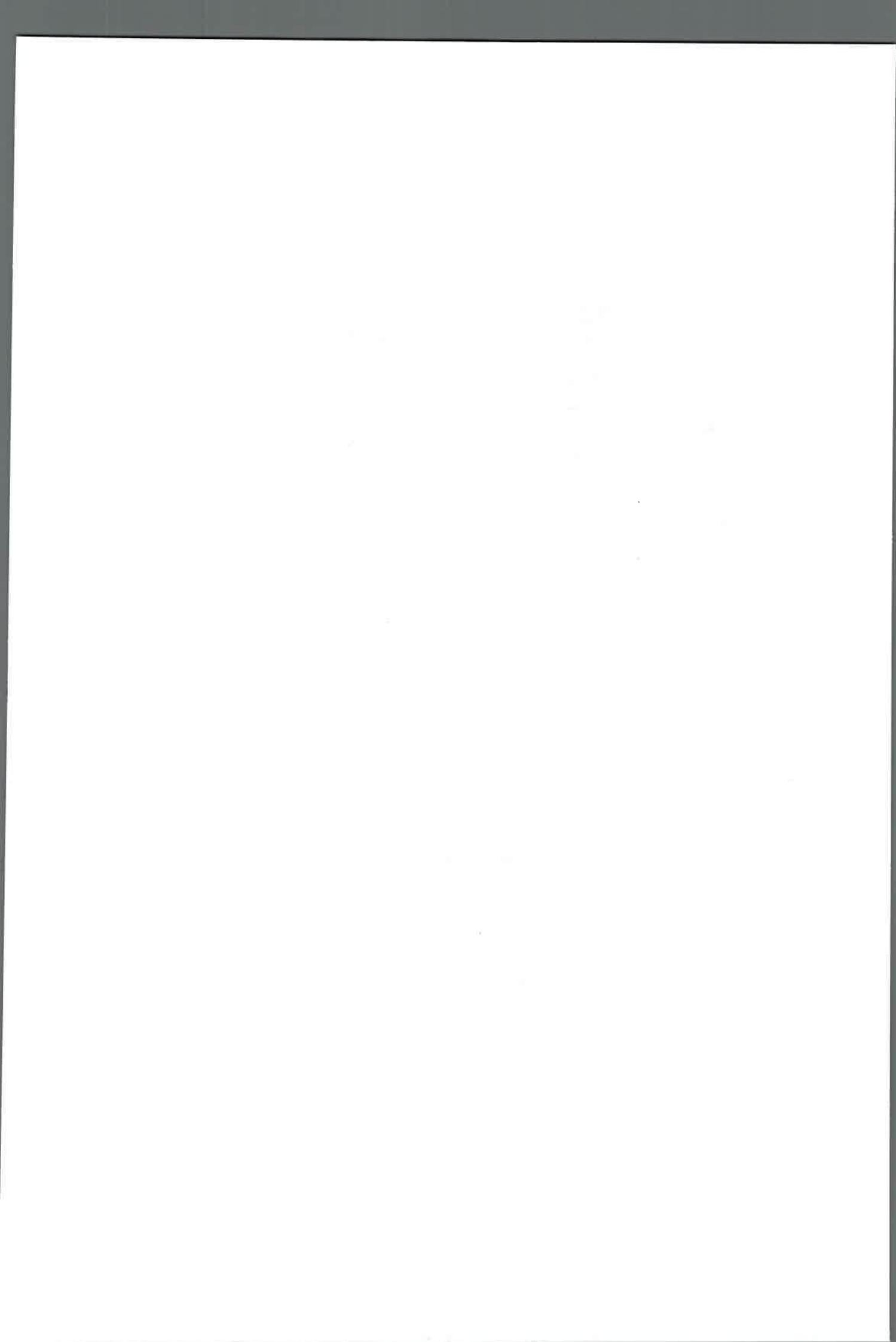
Df F value Pr(>F)

group 2 0.3261 **0.7338 LAS VARIANZAS SON HOMOGENEAS**

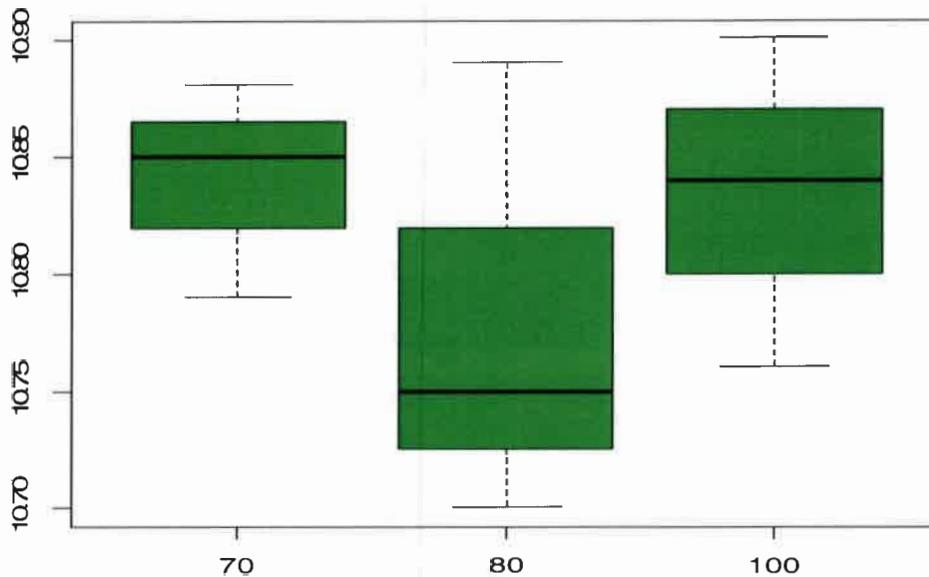
6

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(GRASAS~TEMPERATURA,,main="DATOS GRASAS",col=3)
```



DATOS GRASAS



Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperaturas 70, 80 y 100 °C son diferentes.

11.1.6.3 Análisis de Varianza

```
grasas.aov=aov(GRASAS~TEMPERATURA)
```

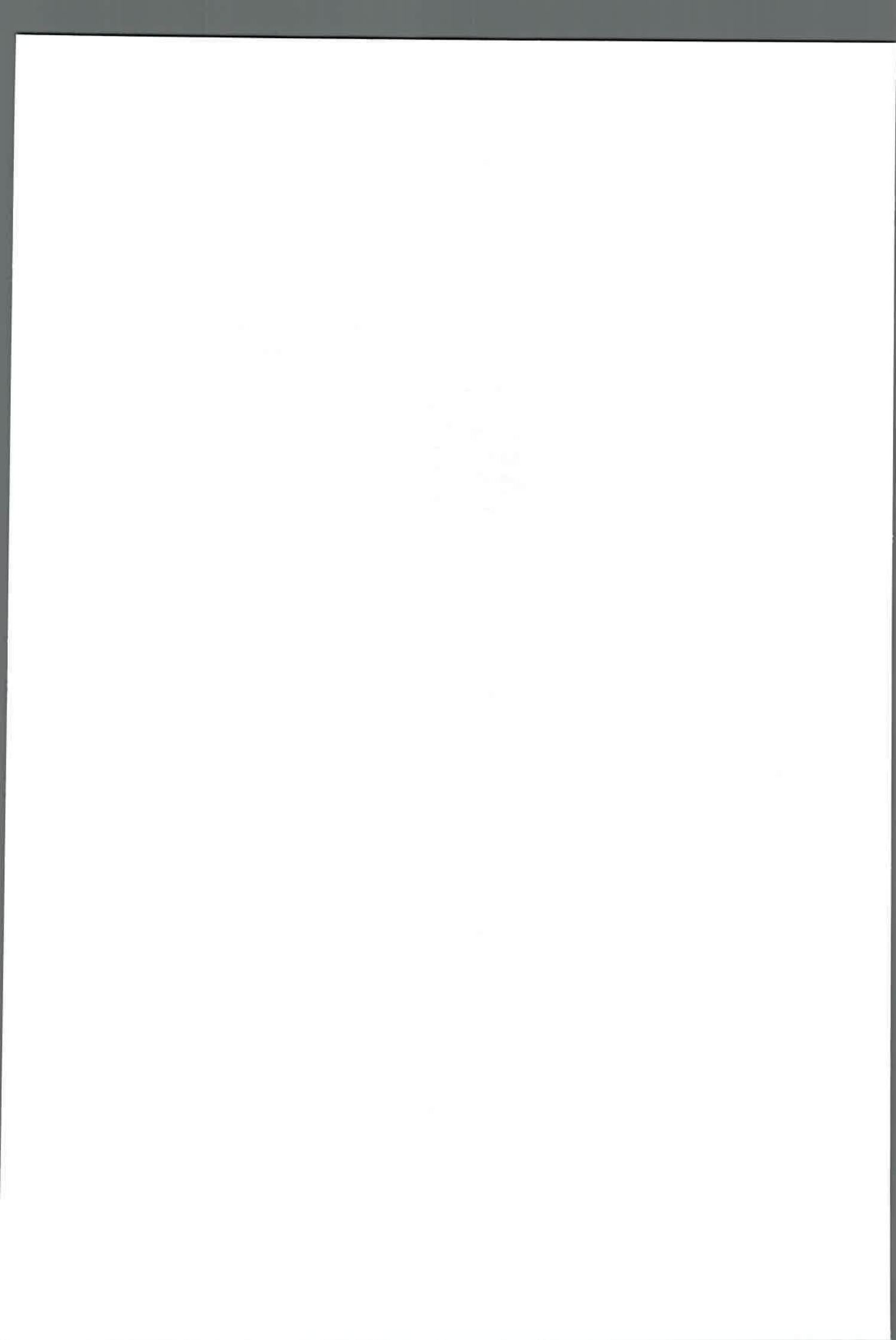
```
summary(grasas.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.00649 0.003244 0.582 0.588
```

```
Residuals 6 0.03347 0.005578
```

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, p-valor= 0.588 entre las medias de GRASAS para los tres niveles de temperaturas.



11.1.7 Test para Proteínas

11.1.7.1 Test de Normalidad

```
PROTEINAS=c(19.40,19.38,19.31,19.23,19.41,19.37,19.30,19.27,19.35)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
proteinas=data.frame(TEMPERATURA,PROTEINAS)
```

proteínas

Muestras	Temperatura °C	Proteínas
1	70	19.40
2	70	19.38
3	70	19.31
4	80	19.23
5	80	19.41
6	80	19.37
7	100	19.30
8	100	19.27
9	100	19.35

```
shapiro.test(PROTEINAS)
```

Shapiro-Wilk normality test

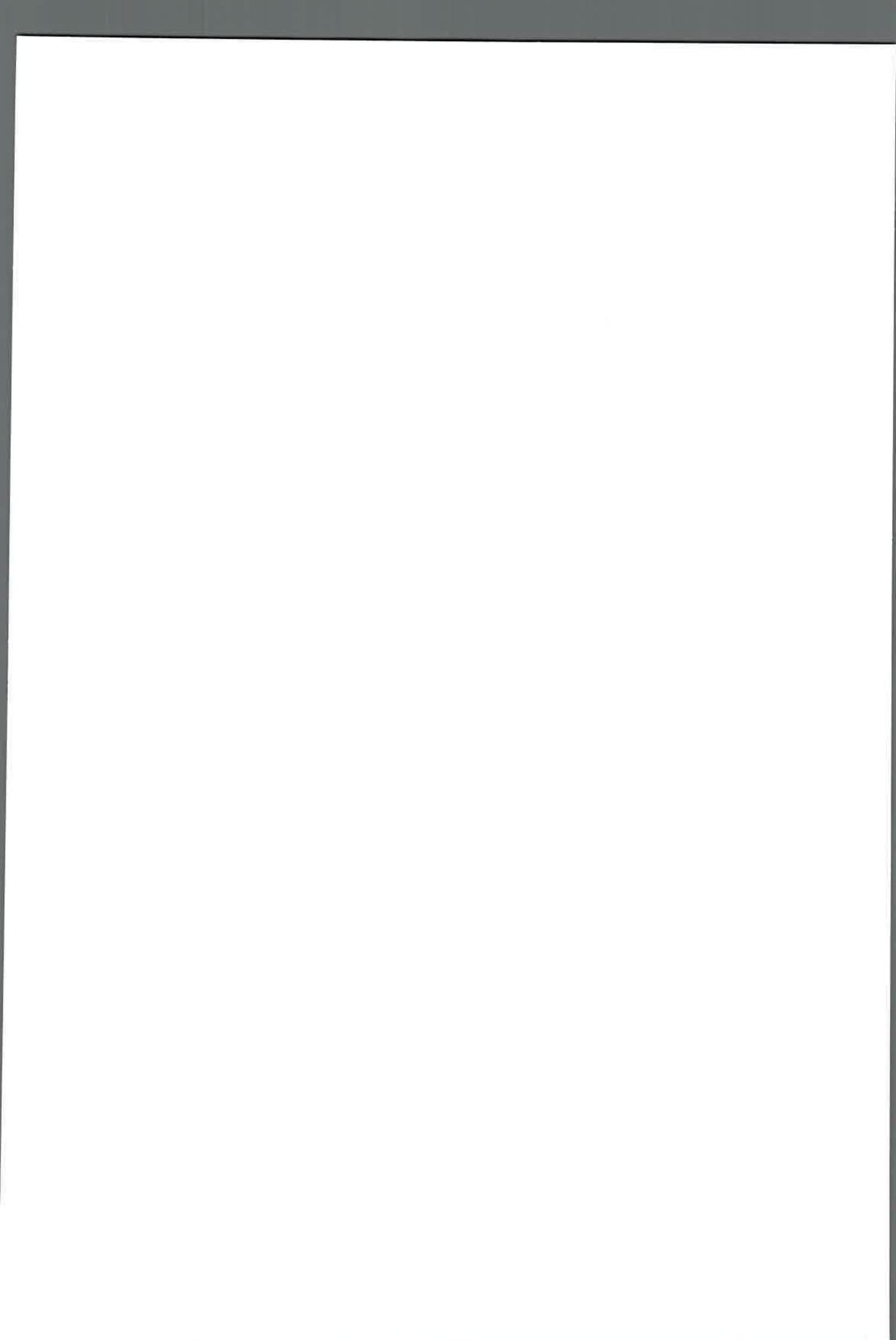
```
data: PROTEINAS
```

W = 0.9463, p-value = 0.6501 los datos son normales

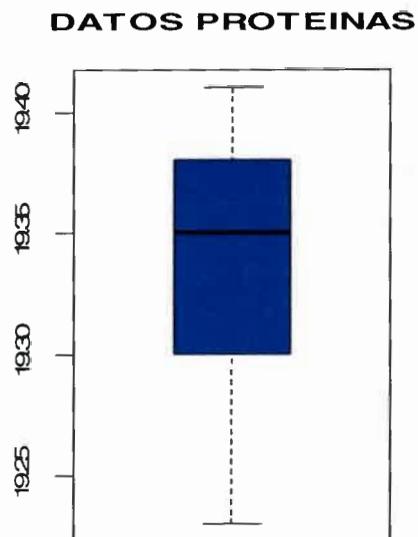
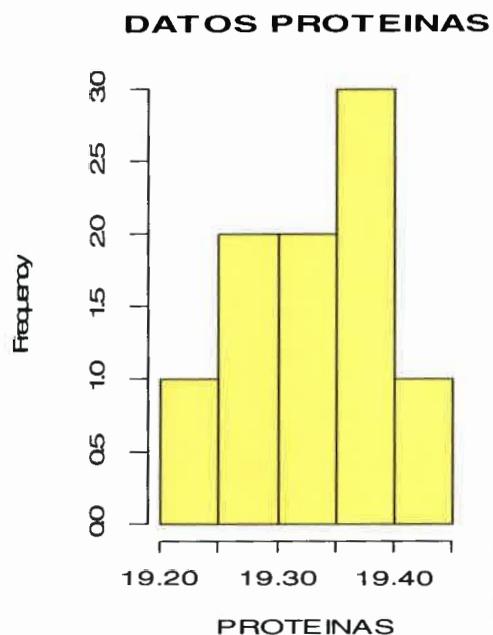
```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(PROTEINAS,main="DATOS PROTEINAS",col=15,nclass=4)
```

```
boxplot(PROTEINAS,main="DATOS PROTEINAS",col=12)
```



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



11.1.7.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(PROTEINAS,TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

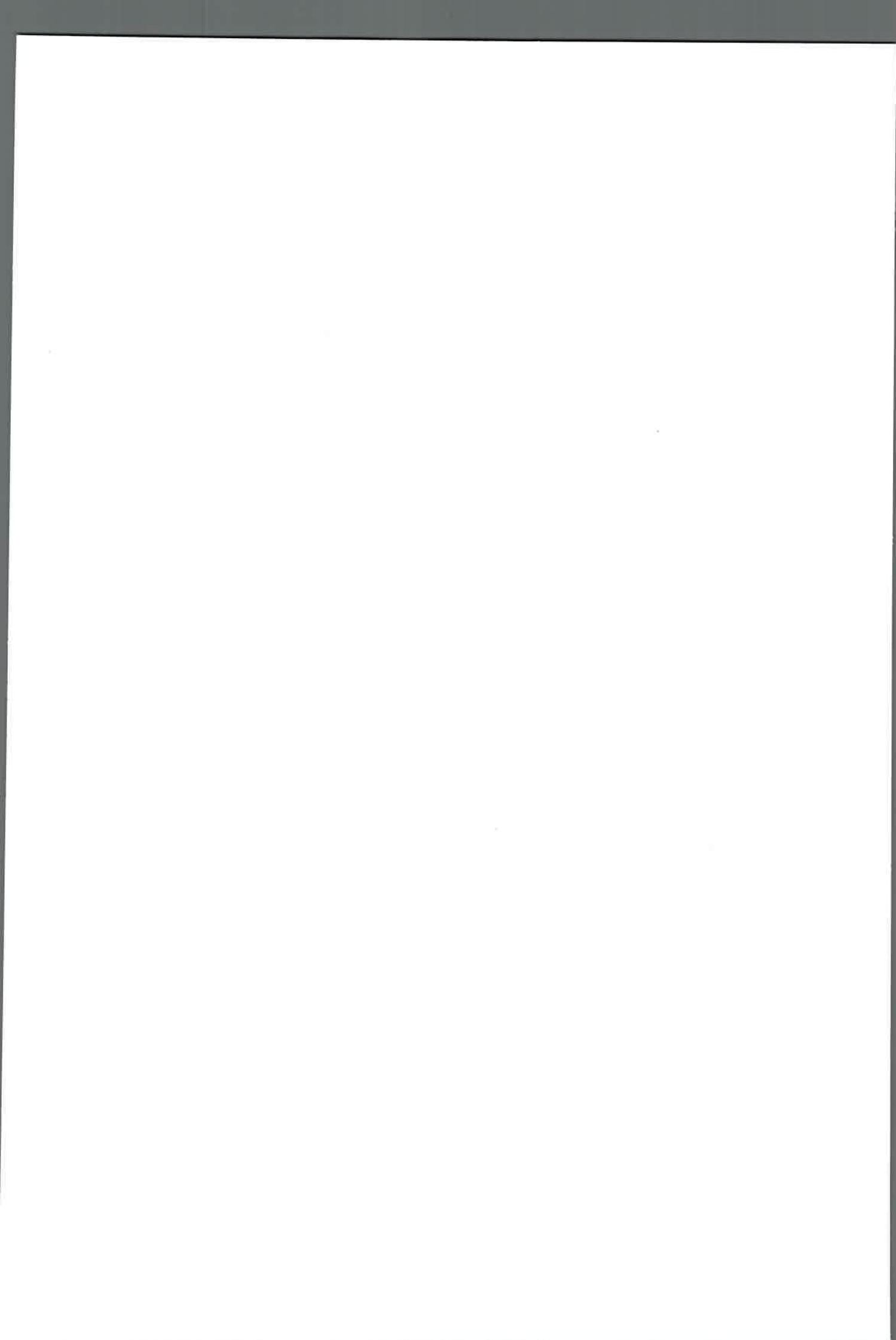
Df F value Pr(>F)

group 2 0.4252 **0.6719** las varianzas son homogéneas

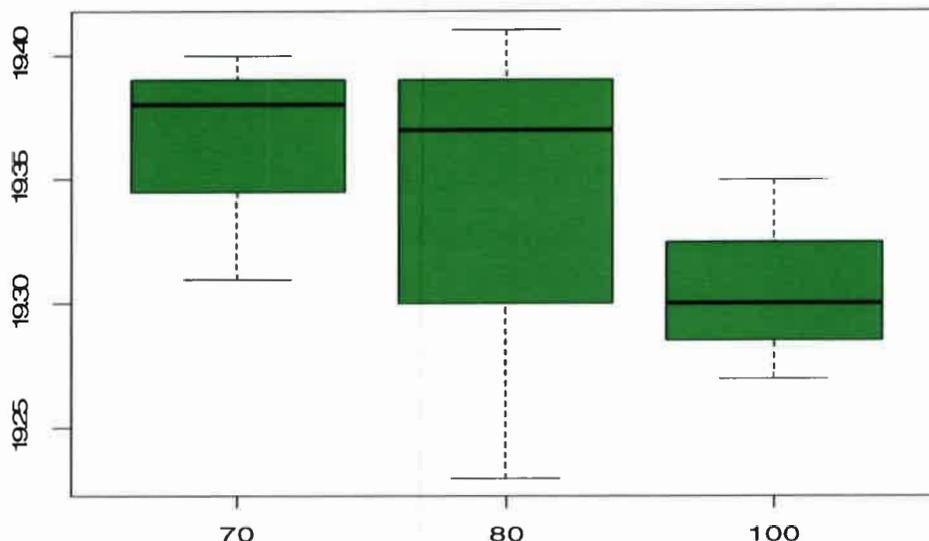
6

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(PROTEINAS~TEMPERATURA,,main="DATOS PROTEINAS",col=3)
```



DATOS PROTEINAS



Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperaturas 70, 80 y 100 °C son diferentes.

11.1.7.3 Análisis de Varianza

```
proteinas.aov=aov(PROTEINAS~TEMPERATURA)
```

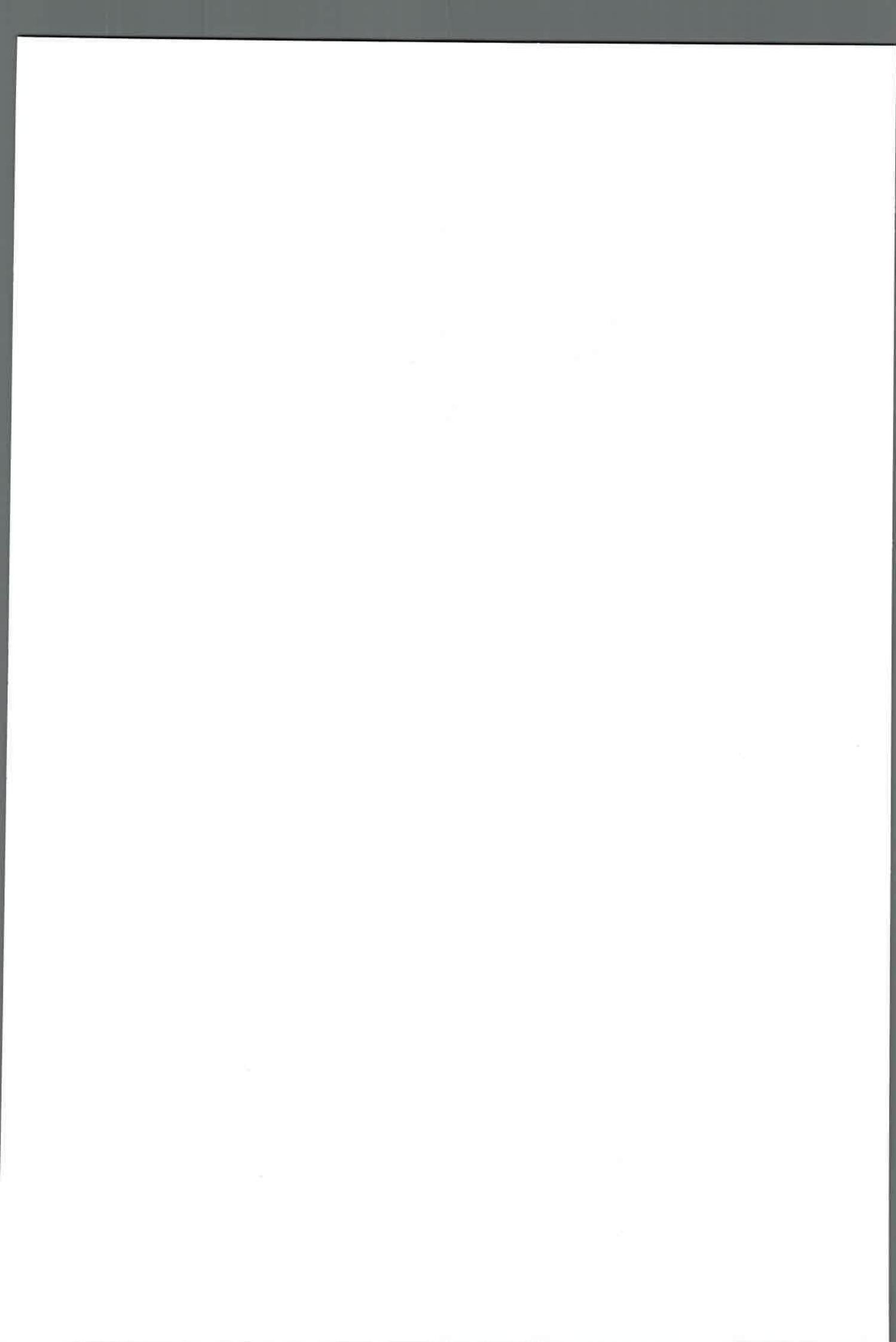
```
summary(proteinas.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
TEMPERATURA 2 0.004822 0.002411 0.565 0.596
```

```
Residuals 6 0.025600 0.004267
```

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, p-valor= 0,596 entre las medias de PROTEÍNAS para los tres niveles de temperaturas.



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

11.1.8 Test para Índice de Peróxido

11.1.8.1 Test de Normalidad

```
INDICE=c(1.10,1.06,1.12,1.00,1.01,1.05,1.10,1.09,1.07)
```

```
TEMPERATURA=factor(c(70,70,70,80,80,80,100,100,100))
```

```
indice=data.frame(TEMPERATURA,INDICE)
```

índice

Muestras	Temperatura °C	Índice de peróxido
1	70	1.10
2	70	1.06
3	70	1.12
4	80	1.00
5	80	1.01
6	80	1.05
7	100	1.10
8	100	1.09
9	100	1.07

```
shapiro.test(INDICE)
```

Shapiro-Wilk normality test

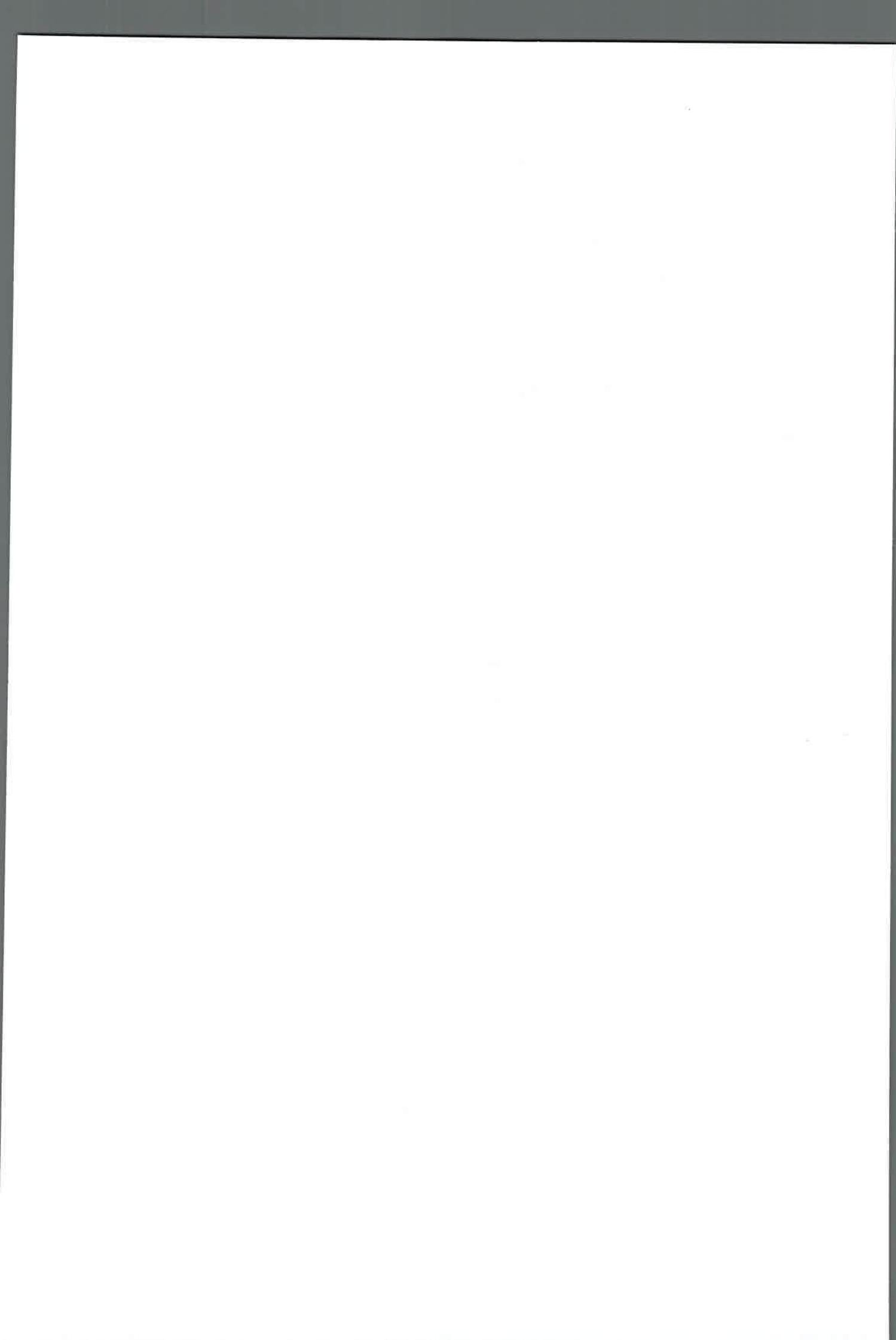
data: INDICE

W = 0.932, p-value = 0.501 los datos son normales

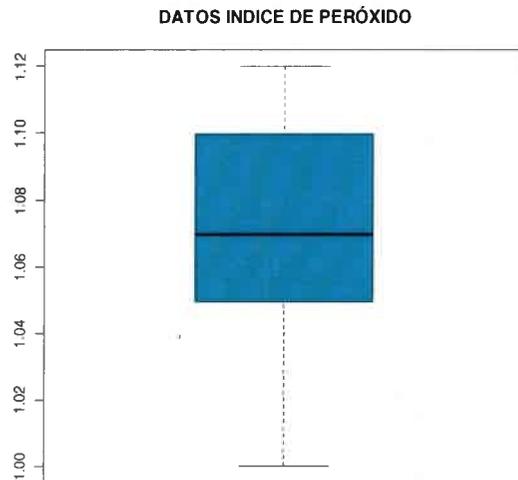
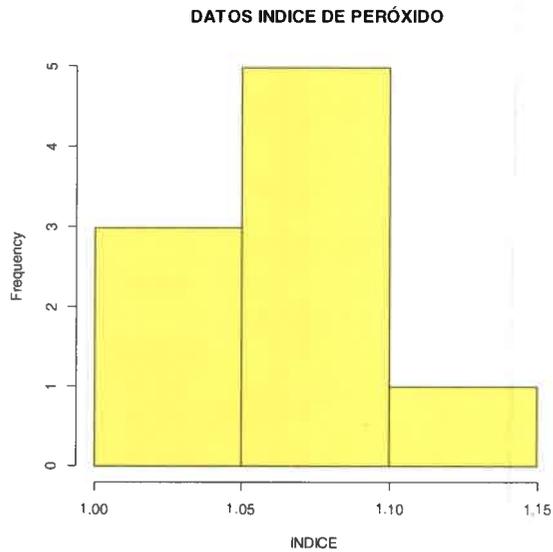
```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
hist(INDICE,main="DATOS INDICE DE PERÓXIDO",col=7,nclass=4)
```

```
boxplot(INDICE,main="DATOS INDICE DE PERÓXIDO",col=21)
```



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



11.1.8.2 Test de Homogeneidad de Varianzas

```
levene.test(INDICE, TEMPERATURA)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

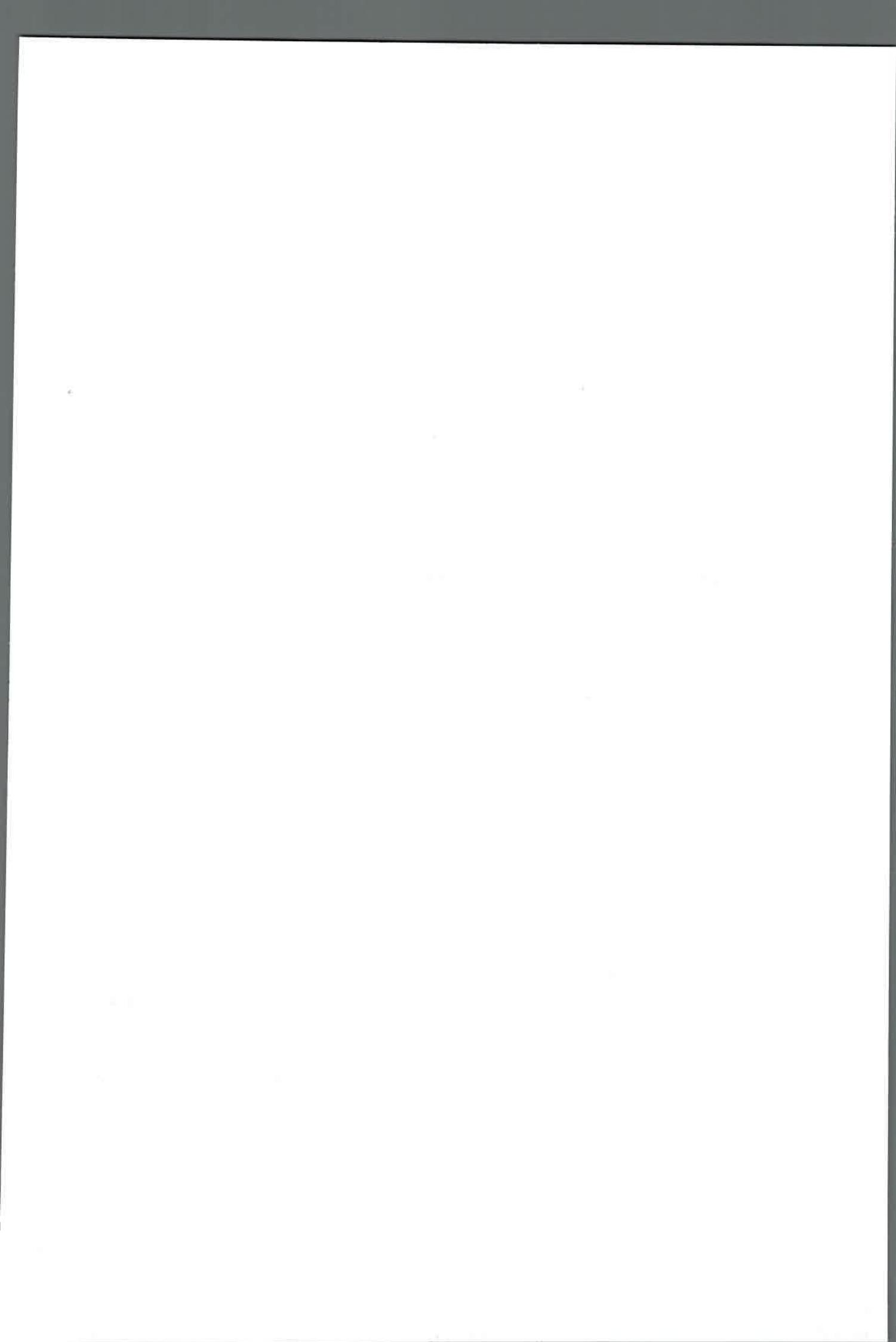
group 2 0.25 **0.7865** Las varianzas son homogéneas

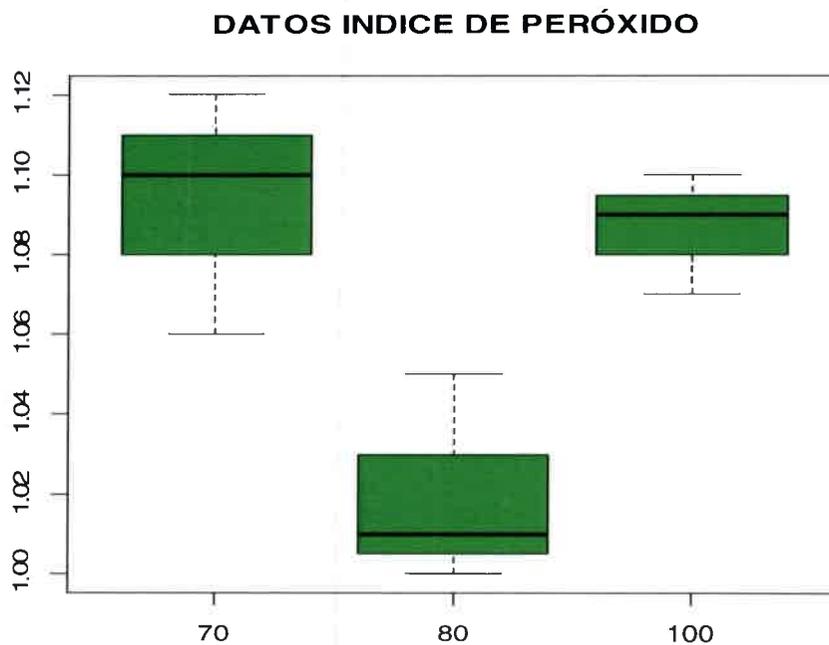
6

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
boxplot(INDICE~TEMPERATURA,,main="DATOS INDICE DE PERÓXIDO",col=3)
```

Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas. En éste gráfico se observa que las cajas ahora tienen casi los mismos tamaños y no se observan datos extraños o extremos, fuera de las cajas, como la hipótesis de NORMALIDAD y la hipótesis de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS se cumple para los datos, entonces se realiza un ANOVA para determinar si las medias de humedad para los distintos niveles de temperaturas 70, 80 y 100 °C son diferentes.





11.1.8.3 Análisis de Varianza

indice.aov=aov(INDICE~TEMPERATURA)

summary(indice.aov)

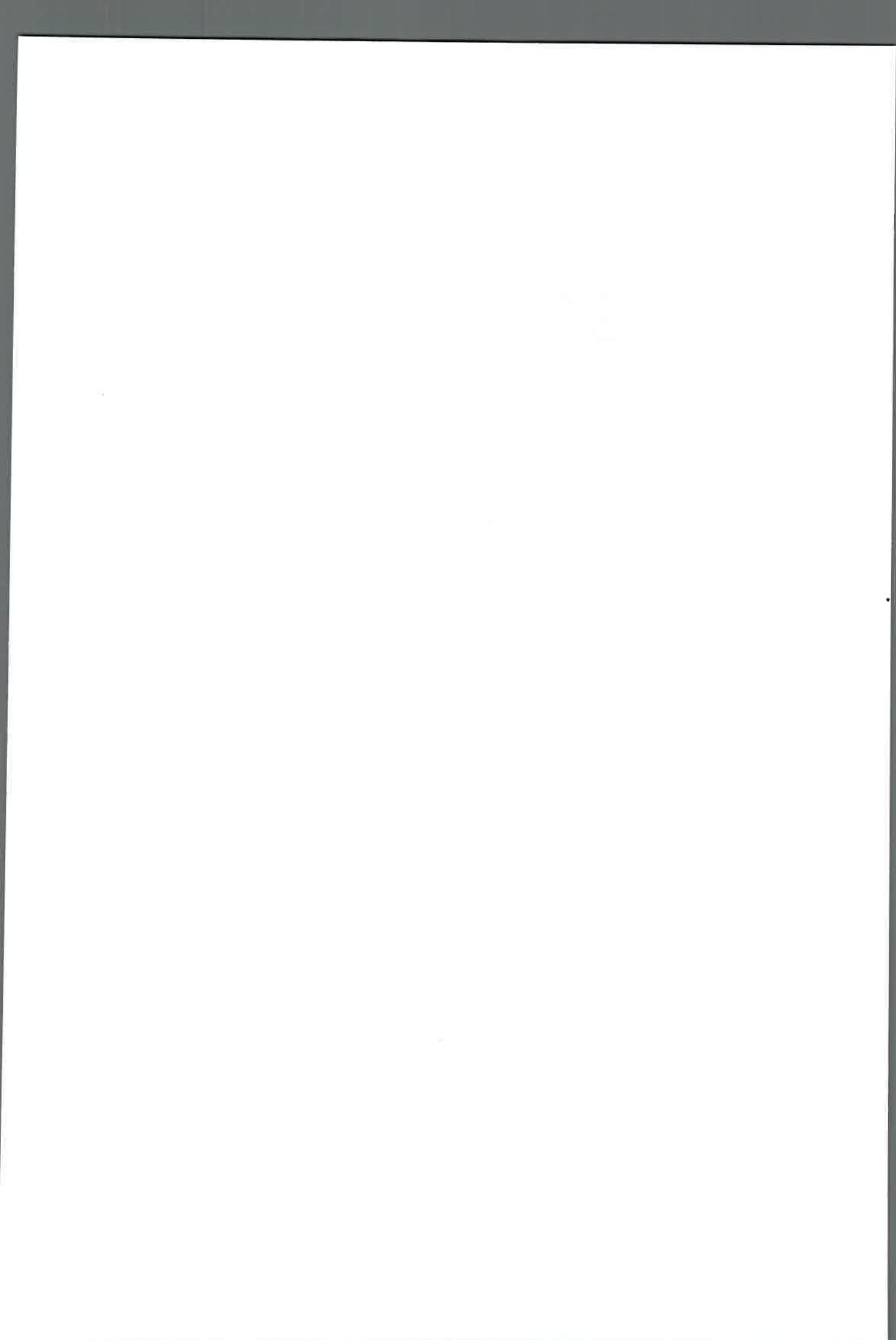
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

*TEMPERATURA 2 0.009867 0.004933 7.929 0.0207 **

Residuals 6 0.003733 0.000622

*Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1*

La tabla muestra que no hay diferencia significativa al 99% de confianza, p-valor= 0.0207 entre las medias de INDICE DE PERÓXIDO para los tres niveles de temperaturas.



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

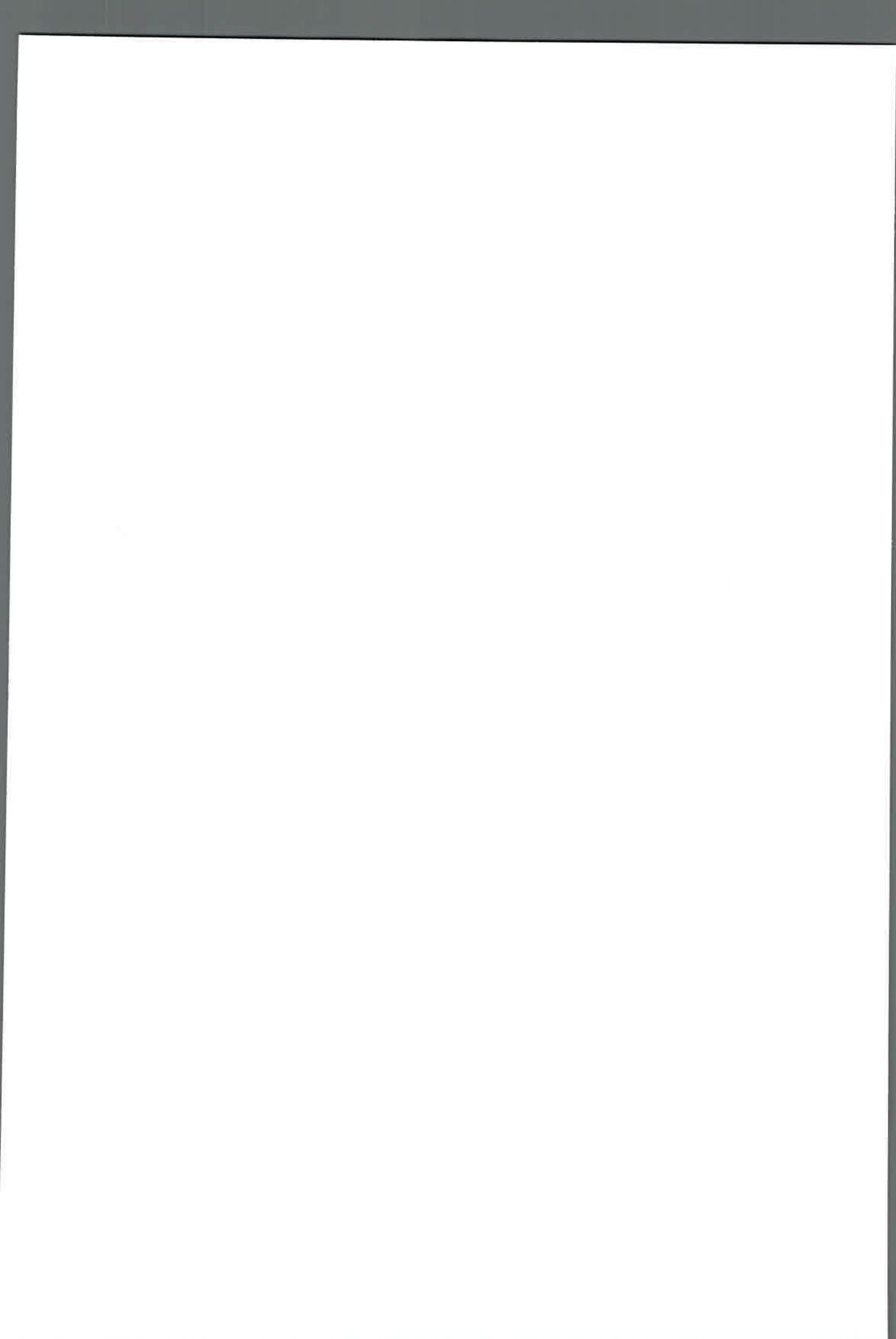
12.1 Informe estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 100 °C

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		Adhesividad	Fracturabilidad
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 1 Dureza	%Deformación según dureza		
				g	%	mJ	g
1	Bocaditos	100°C	2	1681,5	35,3	0,43	1681,5
2	Bocaditos	100°C	3	953,0	19,1	0,05	953,0
3	Bocaditos	100°C	4	1723,0	41,8	0,63	459,0
4	Bocaditos	100°C	5	2376,0	27,4	0,43	2337,5
5	Bocaditos	100°C	6	1806,0	37,3	0,19	382,0
6	Bocaditos	100°C	7	2149,5	29,1	2,45	241,5
7	Bocaditos	100°C	8	2018,0	57,4	2,89	378,0
8	Bocaditos	100°C	9	2300,0	73,4	1,26	247,0
9	Bocaditos	100°C	10	1971,0	45,4	1,02	1410,5
10	Bocaditos	100°C	12	1113,5	28,5	0,03	363,0
11	Bocaditos	100°C	13	1008,5	48,3	0,46	269,0
12	Bocaditos	100°C	14	1310,0	52,7	0,65	1037,0
13	Bocaditos	100°C	15	1505,0	67,0	0,54	1073,0
14	Bocaditos	100°C	16	2083,0	33,1	0,35	1253,5
15	Bocaditos	100°C	17	2699,0	73,2	0,56	611,0
16	Bocaditos	100°C	18	1654,5	19,9	0,82	76,0
17	Bocaditos	100°C	19	2143,0	68,8	0,70	1689,5
18	Bocaditos	100°C	20	1814,5	26,5	0,72	1814,5
19	Bocaditos	100°C	21	1841,0	65,4	0,55	1567,0



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		Adhesividad	Fracturabilidad
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 1 Dureza	%Deformación según dureza		
				g	%	mJ	g
20	Bocaditos	100°C	22	1841,0	71,1	0,54	1698,5
21	Bocaditos	100°C	23	1450,0	33,6	0,09	1450,0
22	Bocaditos	100°C	24	1068,0	34,5	0,01	978,5
23	Bocaditos	100°C	25	1731,5	28,1	0,09	1451,5
24	Bocaditos	100°C	26	1646,5	28,8	0,39	1646,5
25	Bocaditos	100°C	27	1997,5	50,3	0,76	1957,5
26	Bocaditos	100°C	28	1867,5	67,6	0,09	511,0
27	Bocaditos	100°C	29	1627,0	42,6	0,04	41,5
28	Bocaditos	100°C	31	2142,5	19,6	0,36	2142,5
29	Bocaditos	100°C	32	2344,5	23,4	2,17	443,5
30	Bocaditos	100°C	33	1626,5	18,3	0,75	1574,5
31	Bocaditos	100°C	34	1283,5	16,2	3,29	1247,5
32	Bocaditos	100°C	35	1590,5	18,7	0,35	1576,5
33	Bocaditos	100°C	36	1373,5	22,9	1,12	1373,5
34	Bocaditos	100°C	37	990,0	55,4	0,03	704,5
35	Bocaditos	100°C	38	1894,0	57,7	0,43	1877,0

Page 2 de 8

00/04/2014

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

Calculation Settings:	Mínimo	953,0	16,2	0,01	41,5
Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga	Máximo	2699,0	73,4	3,29	2337,5
	Promedio	1732,4	41,1	0,72	1103,4
	Desviación Estandar	426,1	18,5	0,80	648,8



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

12.2 Informe estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 100 °C

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados			
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Firmeza
				g		mm	g
1	Bocaditos	100°C	2	658,5	0,09	2,53	151,6
2	Bocaditos	100°C	3	492,5	0,10	3,61	96,8
3	Bocaditos	100°C	4	952,0	0,10	2,76	175,3
4	Bocaditos	100°C	5	1014,0	0,09	6,34	220,9
5	Bocaditos	100°C	6	926,0	0,12	3,83	210,8
6	Bocaditos	100°C	7	870,0	0,08	2,81	167,7
7	Bocaditos	100°C	8	1124,0	0,10	2,80	208,6
8	Bocaditos	100°C	9	1582,5	0,09	2,20	206,5
9	Bocaditos	100°C	10	1061,5	0,08	2,52	154,0
10	Bocaditos	100°C	12	399,5	0,06	2,10	70,1
11	Bocaditos	100°C	13	581,0	0,12	2,51	123,9
12	Bocaditos	100°C	14	825,5	0,11	3,89	142,9
13	Bocaditos	100°C	15	1007,0	0,10	2,17	152,5
14	Bocaditos	100°C	16	669,0	0,06	3,19	132,8
15	Bocaditos	100°C	17	2152,5	0,11	1,89	292,8
16	Bocaditos	100°C	18	934,0	0,06	1,26	107,0
17	Bocaditos	100°C	19	1700,5	0,13	2,22	283,3
18	Bocaditos	100°C	20	1167,0	0,12	2,43	220,2
19	Bocaditos	100°C	21	1394,5	0,16	4,92	290,8

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados			
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 2 Dureza g	Cohesividad	Elasticidad mm	Firmeza g
20	Bocaditos	100°C	22	1398,5	0,13	2,24	240,6
21	Bocaditos	100°C	23	712,0	0,12	4,28	178,4
22	Bocaditos	100°C	24	477,0	0,13	3,27	141,3
23	Bocaditos	100°C	25	386,5	0,06	2,76	108,8
24	Bocaditos	100°C	26	339,5	0,05	2,28	84,5
25	Bocaditos	100°C	27	1542,0	0,13	2,05	254,5
26	Bocaditos	100°C	28	1284,0	0,12	3,62	229,4
27	Bocaditos	100°C	29	430,0	0,08	4,16	122,4
28	Bocaditos	100°C	31	791,5	0,07	2,46	139,7
29	Bocaditos	100°C	32	927,5	0,05	1,99	109,3
30	Bocaditos	100°C	33	700,5	0,06	2,27	93,5
31	Bocaditos	100°C	34	502,0	0,03	2,09	36,9
32	Bocaditos	100°C	35	533,0	0,06	3,96	100,5
33	Bocaditos	100°C	36	531,0	0,06	2,66	77,5
34	Bocaditos	100°C	37	596,5	0,15	3,09	144,4
35	Bocaditos	100°C	38	1398,5	0,10	1,92	181,7
			Mínimo	339,5	0,03	1,26	26,9
			Máximo	2152,5	0,16	6,34	292,8
			Promedio	916,0	0,09	2,89	161,5
			Desviación Estandar	432,7	0,03	1,01	65,6

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		
	Nombre Producto	Nombre de lote		Masticabilidad	Indice Masticabilidad	Masticabilidad Corregida
				mJ	g	mJ
1	Bocaditos	100°C	2	3,76	51,5	3,38
2	Bocaditos	100°C	3	3,43	46,5	2,08
3	Bocaditos	100°C	4	4,75	64,9	4,37
4	Bocaditos	100°C	5	13,74	187,8	12,93
5	Bocaditos	100°C	6	7,92	107,5	7,36
6	Bocaditos	100°C	7	4,62	63,7	4,33
7	Bocaditos	100°C	8	5,73	77,2	5,33
8	Bocaditos	100°C	9	4,46	59,9	4,13
9	Bocaditos	100°C	10	3,81	52,4	3,50
10	Bocaditos	100°C	12	1,44	19,6	1,33
11	Bocaditos	100°C	13	3,05	42,1	2,77
12	Bocaditos	100°C	14	5,45	74,3	4,90
13	Bocaditos	100°C	15	3,25	44,2	2,89
14	Bocaditos	100°C	16	4,16	57,1	3,83
15	Bocaditos	100°C	17	5,43	73,2	4,89
16	Bocaditos	100°C	18	1,32	18,2	1,19
17	Bocaditos	100°C	19	6,17	85,0	5,47
18	Bocaditos	100°C	20	5,25	70,5	4,73

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		
	Nombre Producto	Nombre de lote		Masticabilidad	Indice Masticabilidad	Masticabilidad Corregida
				mJ	g	mJ
19	Bocaditos	100°C	21	14,03	192,0	12,69
20	Bocaditos	100°C	22	5,29	72,2	4,77
21	Bocaditos	100°C	23	7,49	101,7	6,80
22	Bocaditos	100°C	24	4,53	62,2	4,15
23	Bocaditos	100°C	25	2,94	40,2	2,74
24	Bocaditos	100°C	26	1,89	25,3	1,75
25	Bocaditos	100°C	27	5,12	68,7	4,69
26	Bocaditos	100°C	28	8,14	110,1	7,37
27	Bocaditos	100°C	29	5,00	68,6	4,62
28	Bocaditos	100°C	31	3,37	46,1	3,11
29	Bocaditos	100°C	32	2,13	29,5	1,99
30	Bocaditos	100°C	33	2,08	28,1	1,93
31	Bocaditos	100°C	34	0,76	10,3	0,66
32	Bocaditos	100°C	35	2,90	53,2	3,65
33	Bocaditos	100°C	36	2,02	27,9	1,86
34	Bocaditos	100°C	37	4,38	59,2	3,93
35	Bocaditos	100°C	38	3,42	47,3	3,07

Page 7 de 8

09/04/2014

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

Mínimo	0,76	10,3	0,66
Máximo	14,03	192,0	12,93
Promedio	4,69	63,9	4,29
Desviación Estándar	2,90	39,6	2,67

Page 8 de 8

09/04/2014

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

12.3 Informe estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 80 °C

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		Adhesividad	Fracturabilidad
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 1 Dureza	%Deformación según dureza		
				g	%	mJ	g
1	Bocaditos	80°C	1	1258,5	16,3	0,24	1358,5
2	Bocaditos	80°C	2	1016,0	18,0	0,03	1015,0
3	Bocaditos	80°C	3	1730,5	20,2	0,29	1730,5
4	Bocaditos	80°C	4	1478,5	20,8	0,05	1478,5
5	Bocaditos	80°C	5	1724,0	17,7	0,01	1724,0
6	Bocaditos	80°C	6	1376,5	20,8	0,24	1376,5
7	Bocaditos	80°C	7	2375,5	22,9	0,02	2375,5
8	Bocaditos	80°C	8	2464,5	21,0	0,03	2464,5
9	Bocaditos	80°C	9	2672,5	33,9	0,01	2672,5
10	Bocaditos	80°C	10	2643,5	29,4	0,03	2583,0
11	Bocaditos	80°C	11	2949,0	48,6	0,05	2949,0
12	Bocaditos	80°C	12	1030,5	26,3	0,24	1030,5
13	Bocaditos	80°C	13	1671,5	20,7	0,20	1671,5
14	Bocaditos	80°C	14	1706,5	74,8	0,11	1654,5
15	Bocaditos	80°C	15	1389,5	19,0	0,32	1389,5
16	Bocaditos	80°C	16	1352,0	47,8	0,05	1351,5
17	Bocaditos	80°C	17	1713,0	74,8	0,06	1713,0
18	Bocaditos	80°C	18	1389,0	19,4	0,24	1346,5
19	Bocaditos	80°C	19	2490,0	23,8	0,02	2490,0

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados			
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 1 Dureza	%Deformación según dureza	Adhesividad	Fracturabilidad
				g	%	mJ	g
20	Bocaditos	80°C	20	2685,0	23,3	0,05	2685,0
21	Bocaditos	80°C	21	2124,5	19,6	0,04	2124,5
22	Bocaditos	80°C	22	1988,5	19,2	0,14	1988,5
23	Bocaditos	80°C	23	1602,0	17,6	0,72	1602,0
24	Bocaditos	80°C	24	1877,0	41,0	2,03	1679,5
25	Bocaditos	80°C	25	1203,0	28,0	0,02	1203,0
26	Bocaditos	80°C	26	1242,5	66,0	0,04	906,5
27	Bocaditos	80°C	27	1335,5	74,8	0,06	79,5
28	Bocaditos	80°C	28	1192,5	33,0	0,39	1107,0
29	Bocaditos	80°C	29	1461,5	26,5	0,44	1123,5
30	Bocaditos	80°C	30	1131,5	53,7	0,37	1083,5
31	Bocaditos	80°C	31	1726,0	74,7	0,19	1418,5
32	Bocaditos	80°C	32	1206,5	24,4	2,02	1206,5
33	Bocaditos	80°C	33	1170,5	22,1	0,11	1170,5
34	Bocaditos	80°C	34	1234,5	22,2	1,80	1234,5
35	Bocaditos	80°C	35	1700,0	74,7	0,20	1499,5

Page 2 de 8

02/04/2014

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

Calculation Settings:	Mínimo	1016,0	16,3	0,01	79,5
Sensibilidad a la fractura: 1% de la carga	Máximo	2949,0	74,8	2,03	2949,0
	Promedio	1697,5	24,5	0,31	1611,0
	Desviación Estandar	537,1	20,1	0,53	615,9

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

12.4 Informe estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 80 °C

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados			
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 2 Dureza g	Cohesividad	Elasticidad mm	Firmeza g
1	Bocaditos	80°C	1	605,0	0,07	2,30	91,5
2	Bocaditos	80°C	2	375,0	0,05	1,51	50,2
3	Bocaditos	80°C	3	699,5	0,05	1,59	82,1
4	Bocaditos	80°C	4	655,5	0,06	1,76	89,5
5	Bocaditos	80°C	5	492,0	0,06	1,98	103,4
6	Bocaditos	80°C	6	596,5	0,06	1,87	80,7
7	Bocaditos	80°C	7	576,0	0,04	2,40	95,4
8	Bocaditos	80°C	8	688,0	0,04	2,13	109,0
9	Bocaditos	80°C	9	326,5	0,02	2,10	51,2
10	Bocaditos	80°C	10	512,0	0,03	2,44	89,9
11	Bocaditos	80°C	11	1212,5	0,06	6,62	174,0
12	Bocaditos	80°C	12	580,5	0,09	2,40	97,2
13	Bocaditos	80°C	13	924,0	0,07	2,08	124,5
14	Bocaditos	80°C	14	1104,5	0,09	2,87	161,6
15	Bocaditos	80°C	15	950,5	0,09	2,07	131,0
16	Bocaditos	80°C	16	939,0	0,10	2,82	139,1
17	Bocaditos	80°C	17	1166,5	0,11	2,86	186,2
18	Bocaditos	80°C	18	617,0	0,09	3,29	126,3
19	Bocaditos	80°C	19	430,5	0,04	3,19	102,6

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados			
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Firmeza
				g		mm	g
20	Bocaditos	80°C	20	550,0	0,04	3,71	110,1
21	Bocaditos	80°C	21	684,5	0,06	2,92	124,6
22	Bocaditos	80°C	22	586,0	0,06	2,63	124,0
23	Bocaditos	80°C	23	578,5	0,07	2,49	109,7
24	Bocaditos	80°C	24	875,0	0,07	2,60	132,5
25	Bocaditos	80°C	25	696,0	0,12	2,53	145,1
26	Bocaditos	80°C	26	975,0	0,13	3,19	166,4
27	Bocaditos	80°C	27	1044,0	0,14	4,56	181,0
28	Bocaditos	80°C	28	782,0	0,10	2,93	122,7
29	Bocaditos	80°C	29	452,0	0,07	1,43	95,2
30	Bocaditos	80°C	30	647,5	0,13	3,31	143,3
31	Bocaditos	80°C	31	1400,5	0,14	2,11	234,7
32	Bocaditos	80°C	32	662,0	0,06	1,77	73,9
33	Bocaditos	80°C	33	202,0	0,07	3,78	78,7
34	Bocaditos	80°C	34	705,0	0,06	1,77	76,2
35	Bocaditos	80°C	35	1349,0	0,15	2,95	251,2
			Mínimo	202,0	0,02	1,51	50,2
			Máximo	1400,5	0,15	6,62	251,2
			Promedio	732,9	0,08	2,72	121,6
			Desviación Estandar	284,0	0,03	0,97	45,6

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		
	Nombre Producto	Nombre de lote		Masticabilidad mJ	Indice Masticabilidad g	Masticabilidad Corregida mJ
1	Bocaditos	80°C	1	2,06	28,4	1,87
2	Bocaditos	80°C	2	0,74	10,0	0,66
3	Bocaditos	80°C	3	1,28	17,2	1,15
4	Bocaditos	80°C	4	1,54	20,6	1,41
5	Bocaditos	80°C	5	2,01	26,9	1,85
6	Bocaditos	80°C	6	1,48	20,2	1,36
7	Bocaditos	80°C	7	2,25	30,5	2,08
8	Bocaditos	80°C	8	2,28	30,5	2,08
9	Bocaditos	80°C	9	1,05	14,3	0,95
10	Bocaditos	80°C	10	2,15	28,8	2,03
11	Bocaditos	80°C	11	11,29	153,1	10,62
12	Bocaditos	80°C	12	2,29	31,1	2,06
13	Bocaditos	80°C	13	2,54	34,9	2,33
14	Bocaditos	80°C	14	4,55	61,4	4,23
15	Bocaditos	80°C	15	2,66	36,7	2,40
16	Bocaditos	80°C	16	3,85	52,9	3,52
17	Bocaditos	80°C	17	5,22	70,7	4,79
18	Bocaditos	80°C	18	4,07	55,6	3,77

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		
	Nombre Producto	Nombre de lote		Masticabilidad	Indice Masticabilidad	Masticabilidad Corregida
				mJ	g	mJ
19	Bocaditos	80°C	19	3,21	43,1	3,06
20	Bocaditos	80°C	20	4,00	55,0	3,74
21	Bocaditos	80°C	21	3,57	48,6	3,28
22	Bocaditos	80°C	22	3,44	47,1	3,19
23	Bocaditos	80°C	23	2,68	36,2	2,46
24	Bocaditos	80°C	24	3,38	46,4	3,14
25	Bocaditos	80°C	25	3,60	49,3	3,31
26	Bocaditos	80°C	26	5,21	71,6	4,79
27	Bocaditos	80°C	27	8,09	110,4	7,53
28	Bocaditos	80°C	28	3,52	47,8	3,30
29	Bocaditos	80°C	29	3,20	43,8	2,97
30	Bocaditos	80°C	30	4,65	63,0	4,29
31	Bocaditos	80°C	31	4,86	65,7	4,47
32	Bocaditos	80°C	32	1,28	17,7	1,14
33	Bocaditos	80°C	33	2,92	39,4	2,66
34	Bocaditos	80°C	34	1,32	18,3	1,20
35	Bocaditos	80°C	35	7,27	98,0	6,63

Page 7 de 8

02/04/2014

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

Mínimo	0,74	10,0	0,66
Máximo	11,29	153,1	10,62
Promedio	3,41	46,4	3,15
Desviación Estandar	2,14	29,1	2,01

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

12.5 Informe estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 70 °C

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		Adhesividad	Fracturabilidad
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 1 Dureza	%Deformación según dureza		
				g	%	mJ	g
1	Bocaditos	70°C	1	1147,5	19,5	0,50	1147,5
2	Bocaditos	70°C	2	1867,0	24,2	0,12	1867,0
3	Bocaditos	70°C	3	1133,0	23,5	0,02	1133,0
4	Bocaditos	70°C	4	710,5	40,9	0,10	709,0
5	Bocaditos	70°C	5	804,0	24,2	0,11	714,0
6	Bocaditos	70°C	6	740,0	28,8	0,12	481,0
7	Bocaditos	70°C	7	1808,0	28,5	0,46	1439,0
8	Bocaditos	70°C	8	902,5	21,9	0,01	898,5
9	Bocaditos	70°C	9	1899,0	28,2	0,18	1827,0
10	Bocaditos	70°C	10	1070,5	47,5	0,79	980,5
11	Bocaditos	70°C	11	1446,5	20,4	0,10	1446,5
12	Bocaditos	70°C	12	1721,5	58,6	0,19	1860,0
13	Bocaditos	70°C	13	1267,0	44,2	0,10	1250,5
14	Bocaditos	70°C	14	1211,5	58,9	0,00	1077,0
15	Bocaditos	70°C	15	2148,5	53,9	0,00	2148,5
16	Bocaditos	70°C	16	755,0	40,1	0,10	656,0
17	Bocaditos	70°C	17	1416,5	29,5	0,12	1416,5
18	Bocaditos	70°C	18	561,0	40,9	0,07	923,5
19	Bocaditos	70°C	19	1219,5	66,4	0,03	1060,5

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	Resultados		Adhesividad	Fracturabilidad
				Ciclo 1 Dureza	%Deformación según dureza		
				g	%	mJ	g
20	Bocaditos	70°C	20	1890,0	27,3	0,29	1890,0
21	Bocaditos	70°C	21	1275,0	74,9	0,01	985,0
22	Bocaditos	70°C	22	1189,0	19,7	0,11	1181,8
23	Bocaditos	70°C	23	986,0	22,7	0,55	926,0
24	Bocaditos	70°C	24	914,0	40,4	0,28	885,5
25	Bocaditos	70°C	25	884,0	34,6	0,27	872,5
26	Bocaditos	70°C	26	1412,0	32,5	0,23	1390,5
27	Bocaditos	70°C	27	980,5	74,9	0,24	924,0
28	Bocaditos	70°C	28	1084,0	26,5	0,01	1085,8
29	Bocaditos	70°C	29	1240,0	41,2	0,22	1074,5
30	Bocaditos	70°C	30	891,5	62,2	0,25	786,5
31	Bocaditos	70°C	31	934,5	55,9	0,71	667,0
32	Bocaditos	70°C	32	956,0	45,4	0,76	928,0
33	Bocaditos	70°C	33	726,8	24,9	0,25	716,8
34	Bocaditos	70°C	34	842,5	13,6	0,70	842,5
35	Bocaditos	70°C	35	696,5	13,2	0,40	696,5

Page 2 de 8

08/04/2014

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

Calculation Settings:	Mínimo	696,5	13,2	0,00	451,0
Sensibilidad a la fractura: 10 de la carga	Máximo	2140,5	74,9	0,79	2140,5
	Promedio	1162,9	38,2	0,24	1092,8
	Desviación Estandar	367,7	16,5	0,23	387,0

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

12.6 Informe estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 70 °C

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	Resultados			
				Ciclo 2 Dureza g	Cohesividad	Elasticidad mm	Firmeza g
1	Bocaditos	70°C	1	521,0	0,12	1,70	122,9
2	Bocaditos	70°C	2	1227,0	0,08	1,81	148,0
3	Bocaditos	70°C	3	252,0	0,05	2,49	52,1
4	Bocaditos	70°C	4	207,5	0,07	2,27	50,2
5	Bocaditos	70°C	5	178,5	0,02	1,79	21,4
6	Bocaditos	70°C	6	192,5	0,02	1,31	20,2
7	Bocaditos	70°C	7	422,0	0,02	2,02	47,1
8	Bocaditos	70°C	8	240,0	0,04	1,80	31,9
9	Bocaditos	70°C	9	494,0	0,05	2,02	75,2
10	Bocaditos	70°C	10	440,0	0,05	1,60	50,1
11	Bocaditos	70°C	11	220,0	0,02	2,39	47,2
12	Bocaditos	70°C	12	704,0	0,06	1,60	101,2
13	Bocaditos	70°C	13	720,5	0,08	1,87	108,9
14	Bocaditos	70°C	14	640,5	0,10	2,82	115,1
15	Bocaditos	70°C	15	994,5	0,09	2,51	201,0
16	Bocaditos	70°C	16	222,0	0,05	1,78	28,7
17	Bocaditos	70°C	17	706,0	0,08	2,24	112,9
18	Bocaditos	70°C	18	577,0	0,07	4,32	68,4
19	Bocaditos	70°C	19	790,5	0,07	2,22	92,7

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados			
	Nombre Producto	Nombre de lote		Ciclo 2 Dureza	Cohesividad	Elasticidad	Firmeza
				g		mm	g
20	Bocaditos	70°C	20	762,0	0,06	3,61	108,3
21	Bocaditos	70°C	21	770,8	0,09	2,64	116,2
22	Bocaditos	70°C	22	300,0	0,04	2,04	50,6
23	Bocaditos	70°C	23	381,0	0,04	1,61	42,4
24	Bocaditos	70°C	24	384,5	0,04	1,37	40,3
25	Bocaditos	70°C	25	519,5	0,05	1,02	43,0
26	Bocaditos	70°C	26	404,0	0,05	2,03	67,7
27	Bocaditos	70°C	27	644,5	0,09	2,13	83,4
28	Bocaditos	70°C	28	382,5	0,07	2,54	71,1
29	Bocaditos	70°C	29	630,5	0,07	1,63	82,0
30	Bocaditos	70°C	30	527,5	0,06	1,30	57,2
31	Bocaditos	70°C	31	486,5	0,06	1,69	56,0
32	Bocaditos	70°C	32	267,0	0,03	1,69	24,7
33	Bocaditos	70°C	33	418,5	0,08	1,82	55,6
34	Bocaditos	70°C	34	290,5	0,03	1,37	24,9
35	Bocaditos	70°C	35	255,0	0,06	2,06	42,1
			Mínimo	178,5	0,03	1,02	20,2
			Máximo	1227,0	0,12	4,32	201,0
			Promedio	502,8	0,06	2,04	71,0
			Desviación Estandar	247,6	0,02	0,64	40,5

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra		Muestra	Resultados		
	Nombre Producto	Nombre de lote		Masticabilidad	Indice Masticabilidad	Masticabilidad Corregida
				mJ	g	mJ
1	Bocaditos	70°C	1	2,23	45,5	1,97
2	Bocaditos	70°C	2	2,63	35,5	2,40
3	Bocaditos	70°C	3	1,27	17,2	1,16
4	Bocaditos	70°C	4	1,12	15,1	0,98
5	Bocaditos	70°C	5	0,35	5,1	0,35
6	Bocaditos	70°C	6	0,26	3,4	0,24
7	Bocaditos	70°C	7	0,94	12,7	0,85
8	Bocaditos	70°C	8	0,56	7,7	0,50
9	Bocaditos	70°C	9	1,50	20,2	1,40
10	Bocaditos	70°C	10	0,79	10,5	0,70
11	Bocaditos	70°C	11	1,11	15,1	1,02
12	Bocaditos	70°C	12	1,59	21,3	1,48
13	Bocaditos	70°C	13	2,00	27,2	1,83
14	Bocaditos	70°C	14	3,15	43,6	2,94
15	Bocaditos	70°C	15	4,55	66,3	4,54
16	Bocaditos	70°C	16	0,65	9,2	0,62
17	Bocaditos	70°C	17	2,61	35,3	2,37
18	Bocaditos	70°C	18	2,90	39,7	2,63

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

ANEXO III

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

#	Descripción Muestra Nombre Producto	Nombre de lote	Muestra	Resultados		
				Masticabilidad mJ	Indice Masticabilidad g	Masticabilidad Corregida mJ
19	Bocaditos	70°C	19	2,14	29,0	1,97
20	Bocaditos	70°C	20	3,63	52,0	3,57
21	Bocaditos	70°C	21	3,01	40,7	2,82
22	Bocaditos	70°C	22	1,01	13,7	0,93
23	Bocaditos	70°C	23	0,67	8,9	0,59
24	Bocaditos	70°C	24	0,54	7,2	0,49
25	Bocaditos	70°C	25	0,44	6,1	0,39
26	Bocaditos	70°C	26	1,35	18,3	1,25
27	Bocaditos	70°C	27	1,74	23,4	1,60
28	Bocaditos	70°C	28	1,77	24,2	1,67
29	Bocaditos	70°C	29	1,32	18,2	1,18
30	Bocaditos	70°C	30	0,77	10,3	0,67
31	Bocaditos	70°C	31	0,94	12,1	0,84
32	Bocaditos	70°C	32	0,41	5,7	0,36
33	Bocaditos	70°C	33	0,99	13,4	0,89
34	Bocaditos	70°C	34	0,34	4,5	0,29
35	Bocaditos	70°C	35	0,85	11,4	0,78

Page 7 de 8

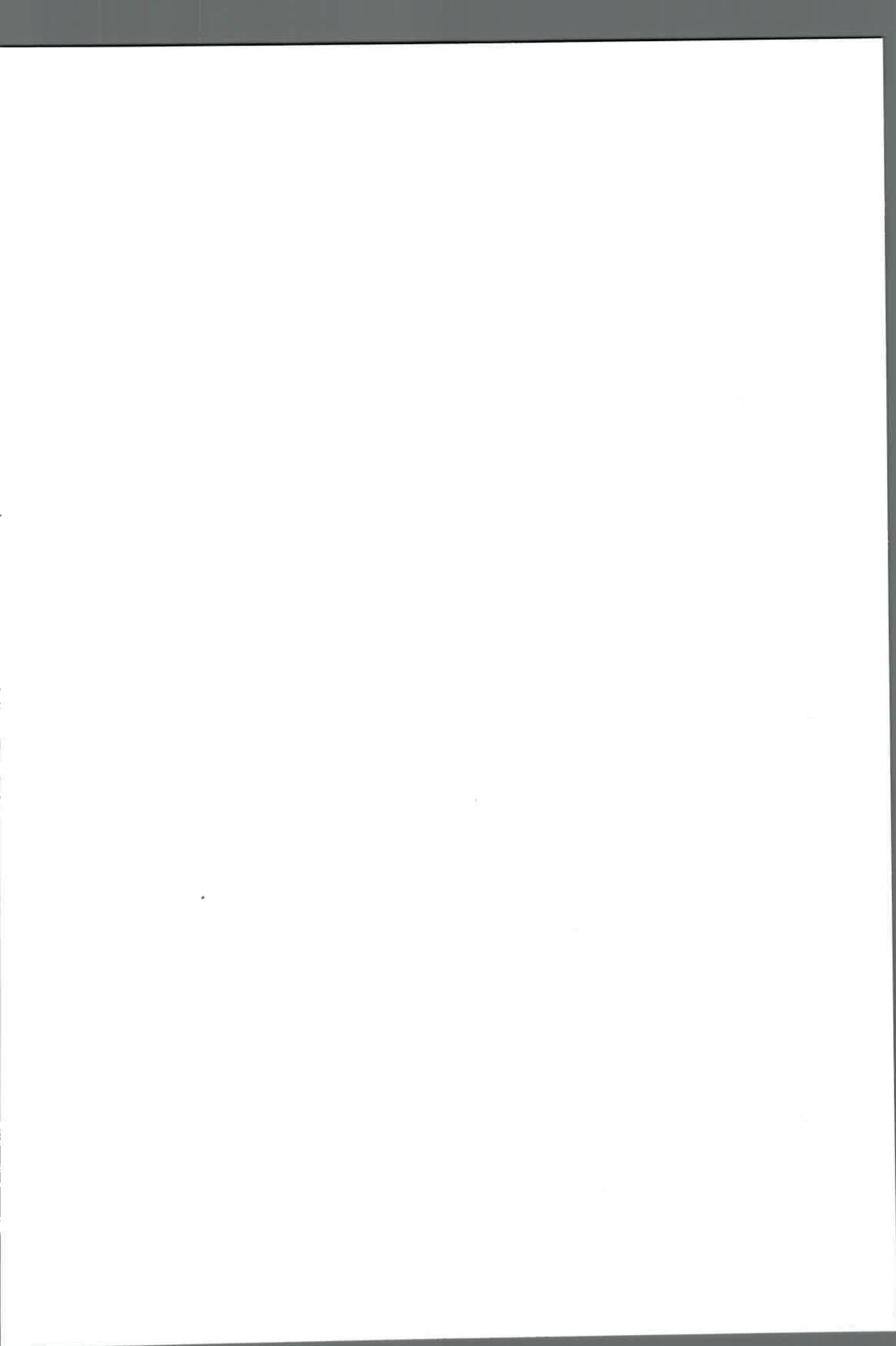
08/04/2014

TexturePro CT V1.3 Build 15

Brookfield Engineering Labs, Inc.

INFORME ESTADISTICO

Mínimo	0,26	3,4	0,24
Máximo	4,95	66,2	4,54
Promedio	1,51	20,9	1,38
Desviación Estandar	1,10	15,2	1,01



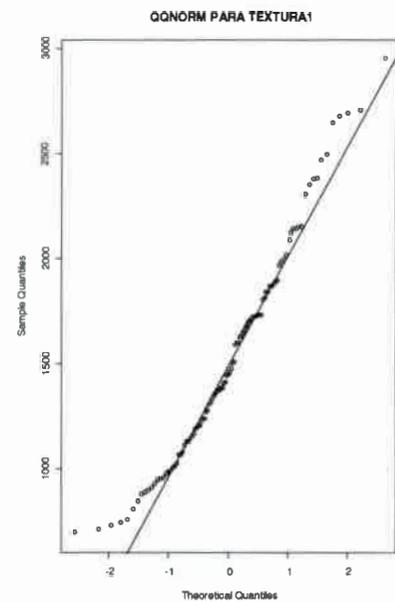
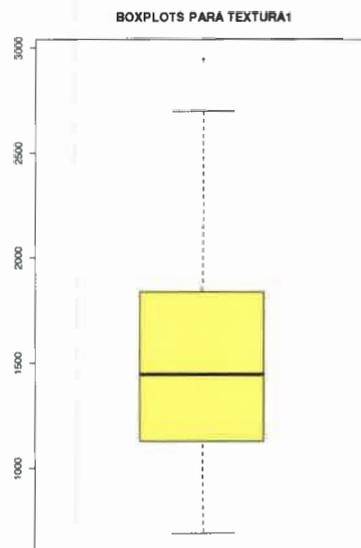
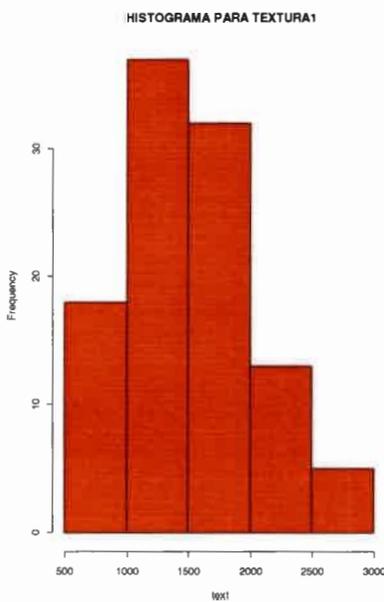
ANEXO IV

13.1 Análisis estadístico de textura: Ciclo 1 Dureza para 100, 80 y 70 °C

Antes de realizar el ANOVA se prueba la hipótesis de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas

13.1.1 Test de NORMALIDAD para todos los datos

Gráficos de testeo de Normalidad



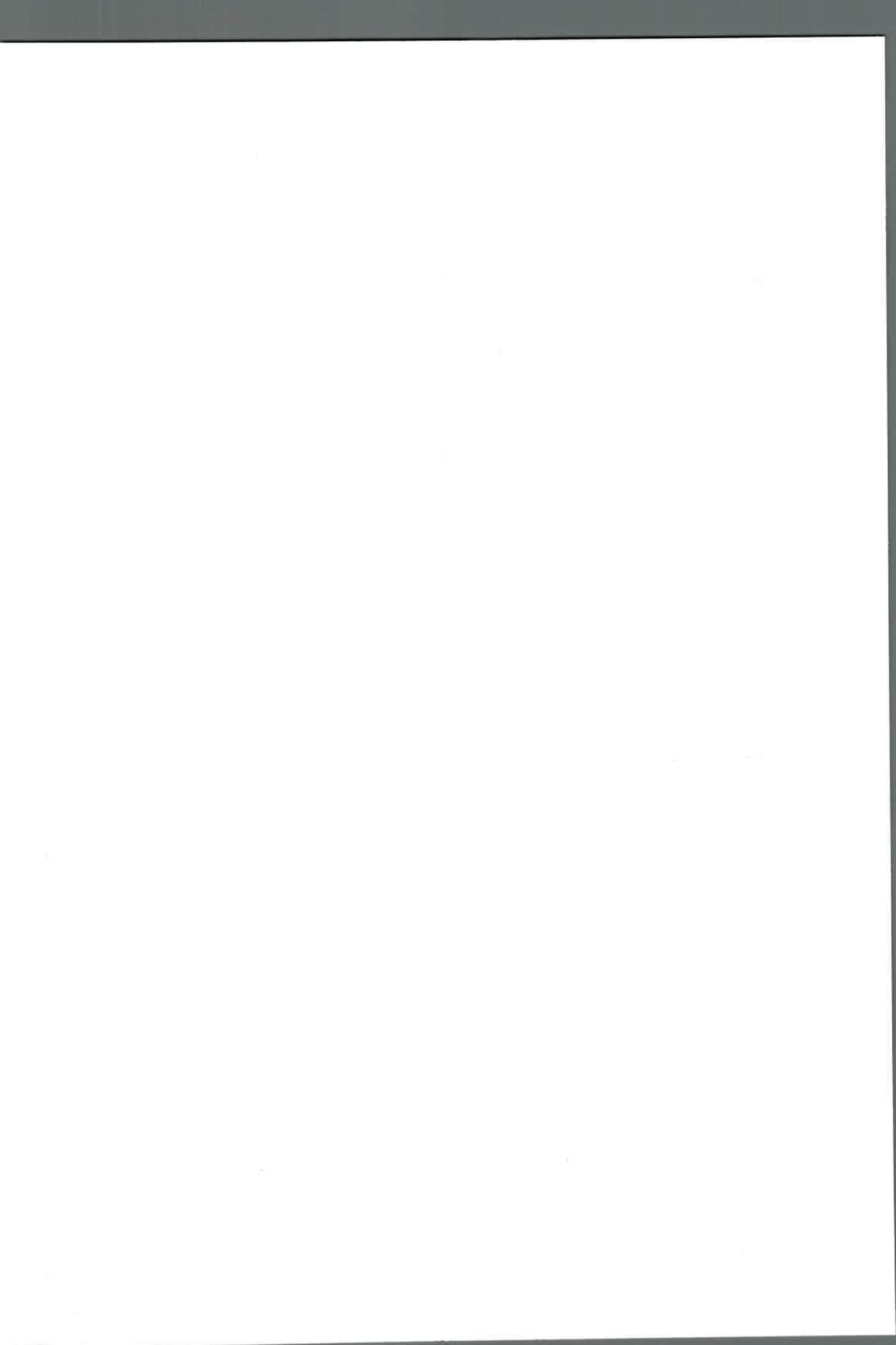
```
shapiro.test(text)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: text

$W = 0.9651,$

$p\text{-value} = 0.007296$ Los datos de dureza para el ciclo1 no son normales



13.1.2 Test de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS

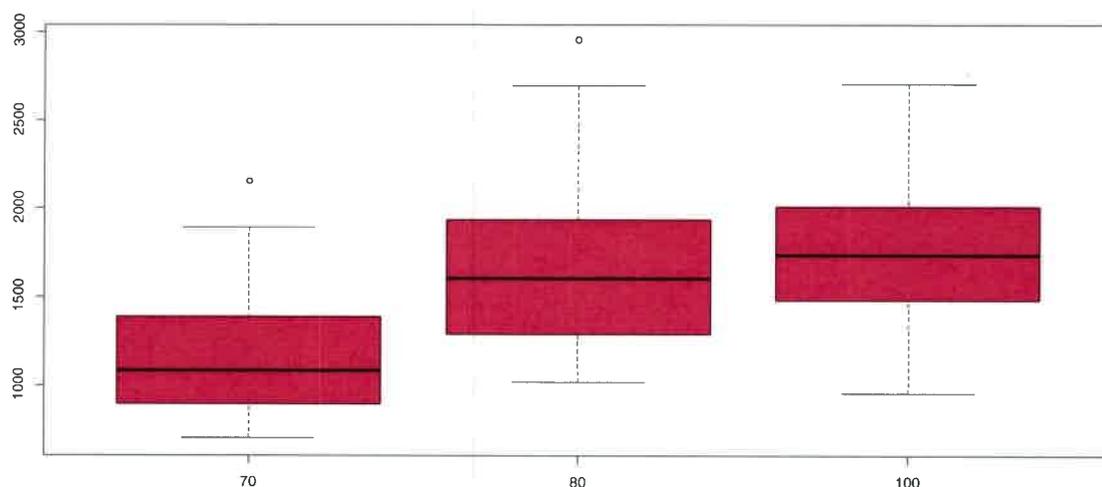
levene.test(text,temperatura)

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

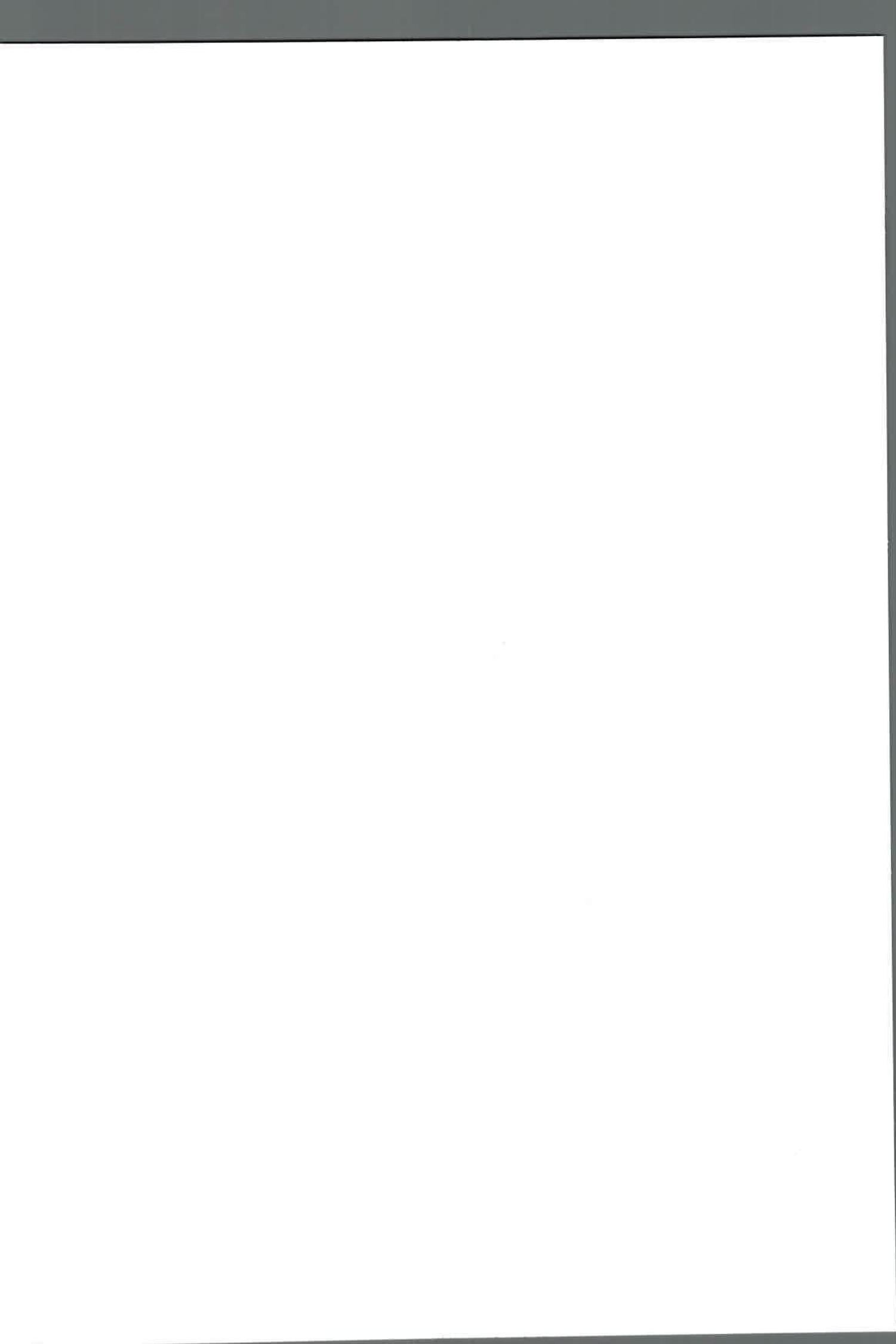
group 2 1.9259 0.151 las varianzas son homogéneas

Gráfico de cajas para 70, 80 y 100 °C

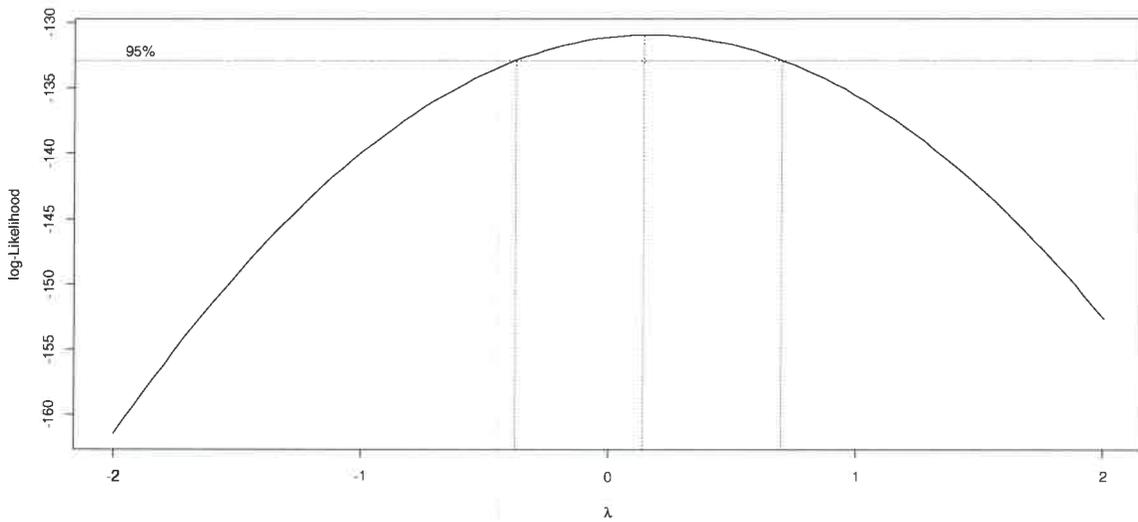


Lo estipulado por LEVENE, se muestra en el gráfico de cajas, en éste gráfico se observa que las cajas son de tamaños similares, y presentando un dato extraño la caja de las temperaturas 80 y 70 °C.

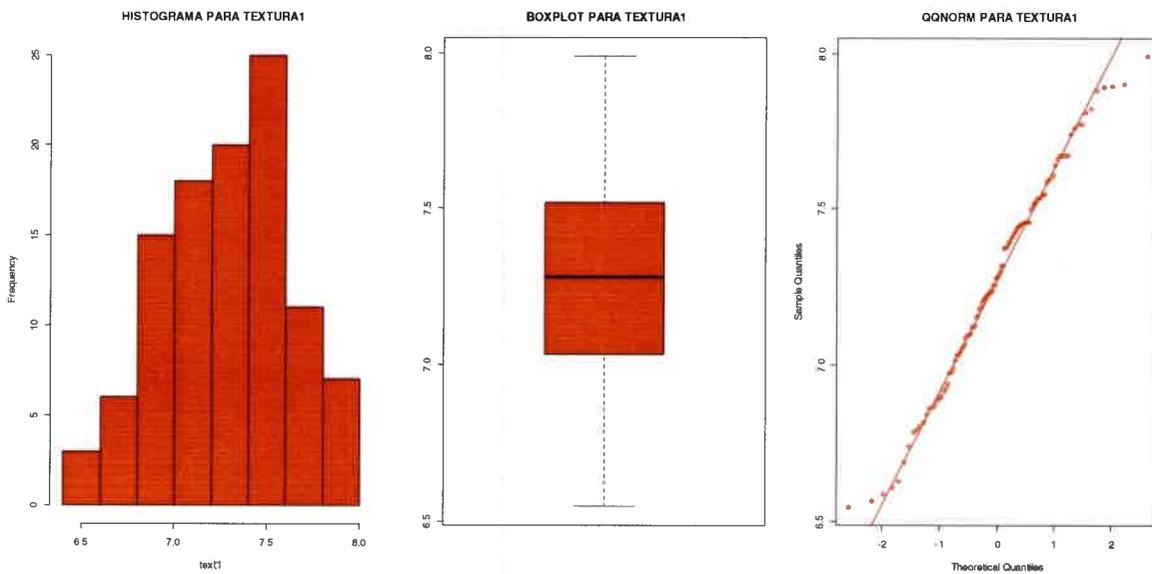
Debido a que los datos no son normales pero tienen varianzas iguales (homogeneidad de varianzas) en los niveles de las temperaturas, se decide transformar a la variable dependiente (textura) mediante BOX y COX.



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



Como en el caso anterior se elige la TRANSFORMACIÓN LOGARITMO



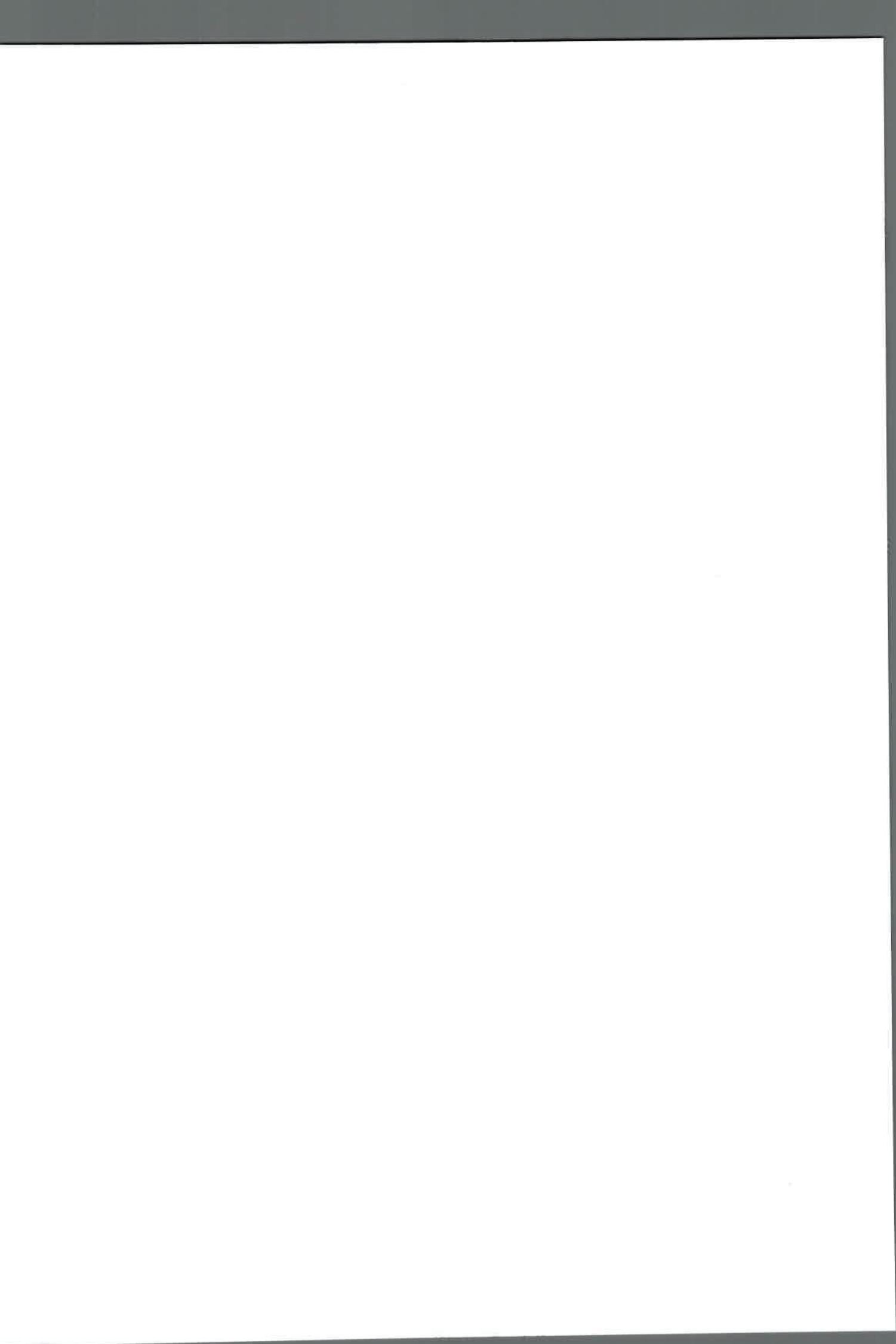
13.1.3 Test de Shapiro Wilk

`shapiro.test(text1)`

Shapiro-Wilk normality test

data: text1

$W = 0.9856$, $p\text{-value} = 0.3172$



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

Los gráficos y la prueba de SHAPIRO WILKS, indican que los datos son ahora normales

13.1.4 Test de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS

`levene.test(text1,temperatura)`

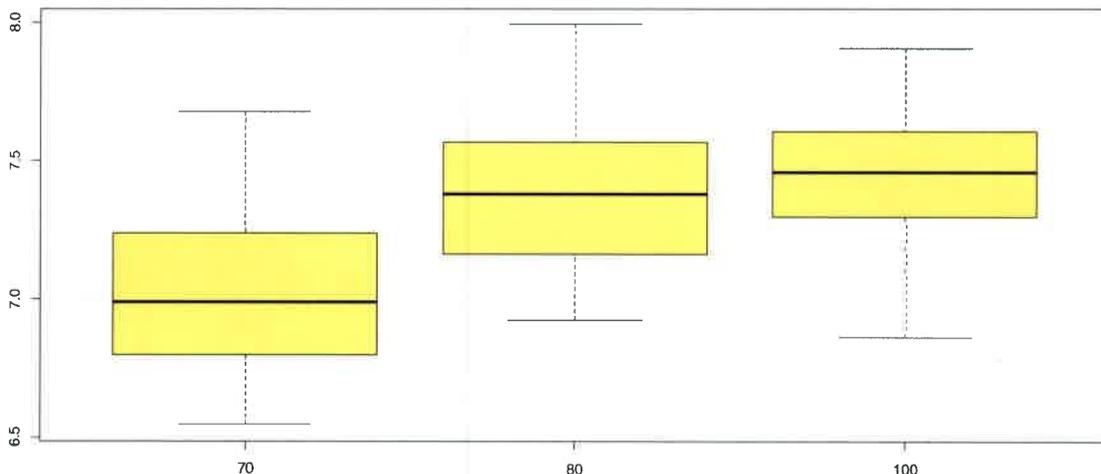
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

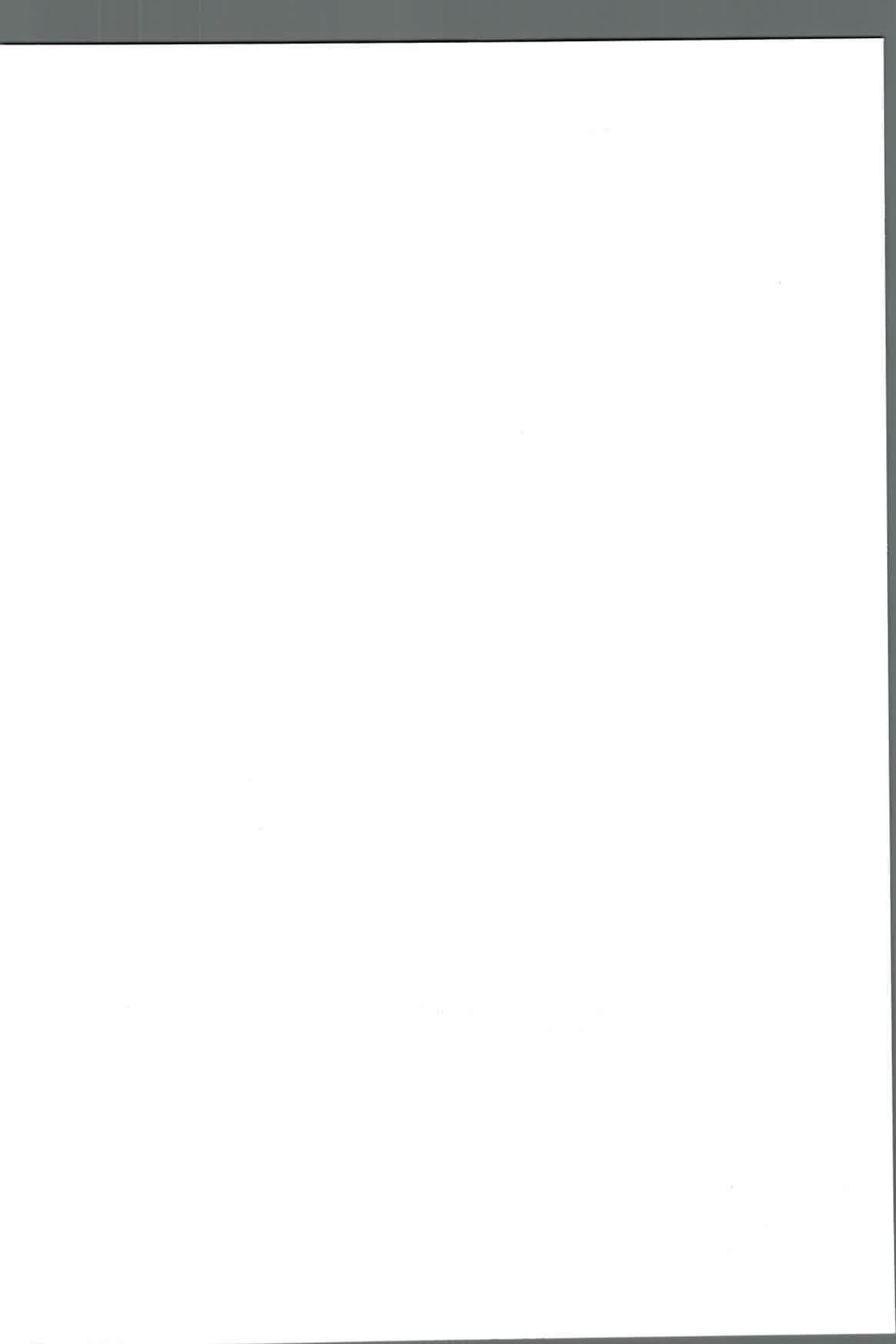
group 2 0.8519 0.4296 Las varianzas son ahora homogéneas

102

Gráfico de cajas para 70, 80 y 100°C



Las cajas son ahora más homogéneas en tamaño, indicando lo que resulto en la prueba de LEVENE que las varianzas son homogéneas, además se ve que puede haber diferencia entre las temperaturas 70–80 °C y 70–100 °C, no así entre las temperaturas de 80-100 °C.



13.1.5 Test de ANOVA

```
text.aov=aov(text1~temperatura)
```

```
> summary(text.aov)
```

```
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
```

```
temperatura 2 3.662 1.8311 21.99 1.15e-08 ***
```

```
Residuals 102 8.494 0.0833
```

```
---
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Hay diferencia altamente significativa entre los niveles medios de las temperaturas.

13.1.6 Test de Tukey

Se aplica es test de Tukey para comprobar entre que niveles de temperatura existe la diferencia significativa:

```
TukeyHSD(text.aov)
```

```
Tukey multiple comparisons of means
```

```
95% family-wise confidence level
```

```
Fit: aov(formula = text1 ~ temperatura)
```

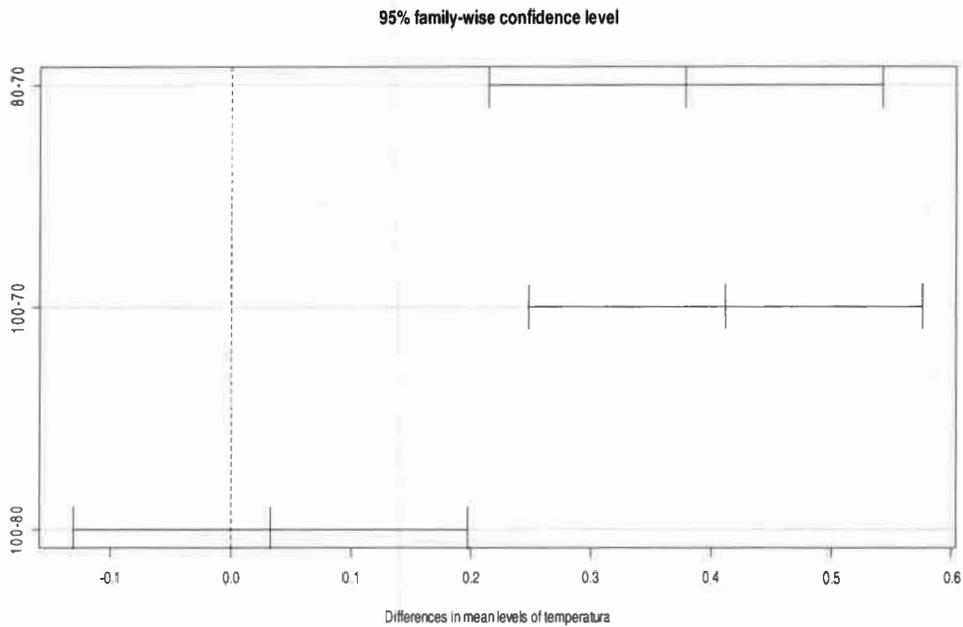
```
$temperatura
```

<i>Diff</i>	<i>lwr</i>	<i>upr</i>	<i>p</i>	<i>adj</i>
80-70	0.37857426	0.2145022	0.5426463	0.0000009
100-70	0.41169078	0.2476187	0.5757628	0.0000001
100-80	0.03311651	-0.1309555	0.1971886	0.8808764

Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.

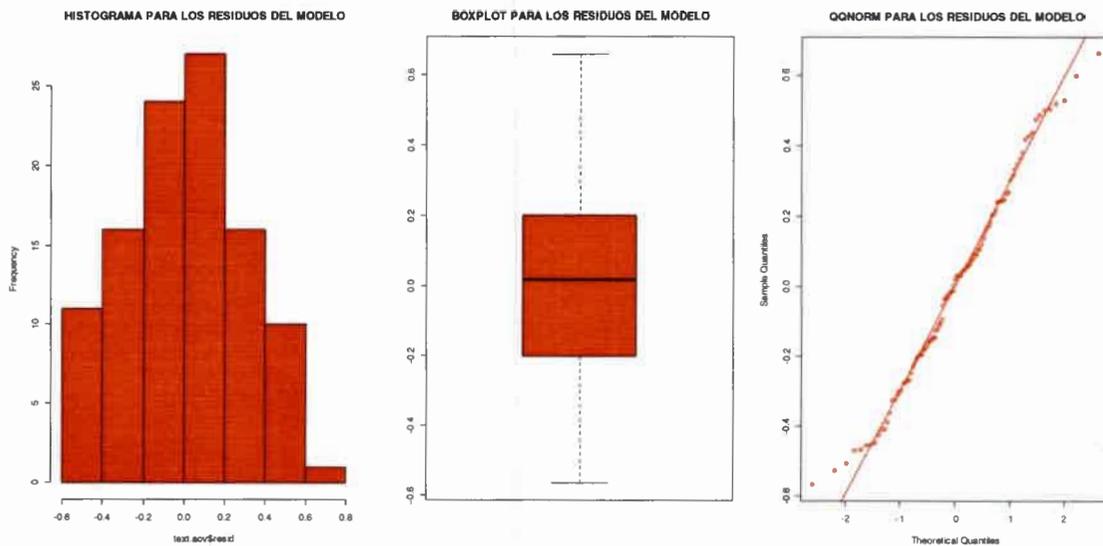
Claramente se ve que las diferencias están entre las de 70-80 °C y 70-100 °C no así entre las de 80-100 °C

Gráficamente



13.1.7 Verificación de los supuestos de NORMALIDAD y HETEROSCEDASTICIDAD del modelo

Gráficos de testeo de Normalidad



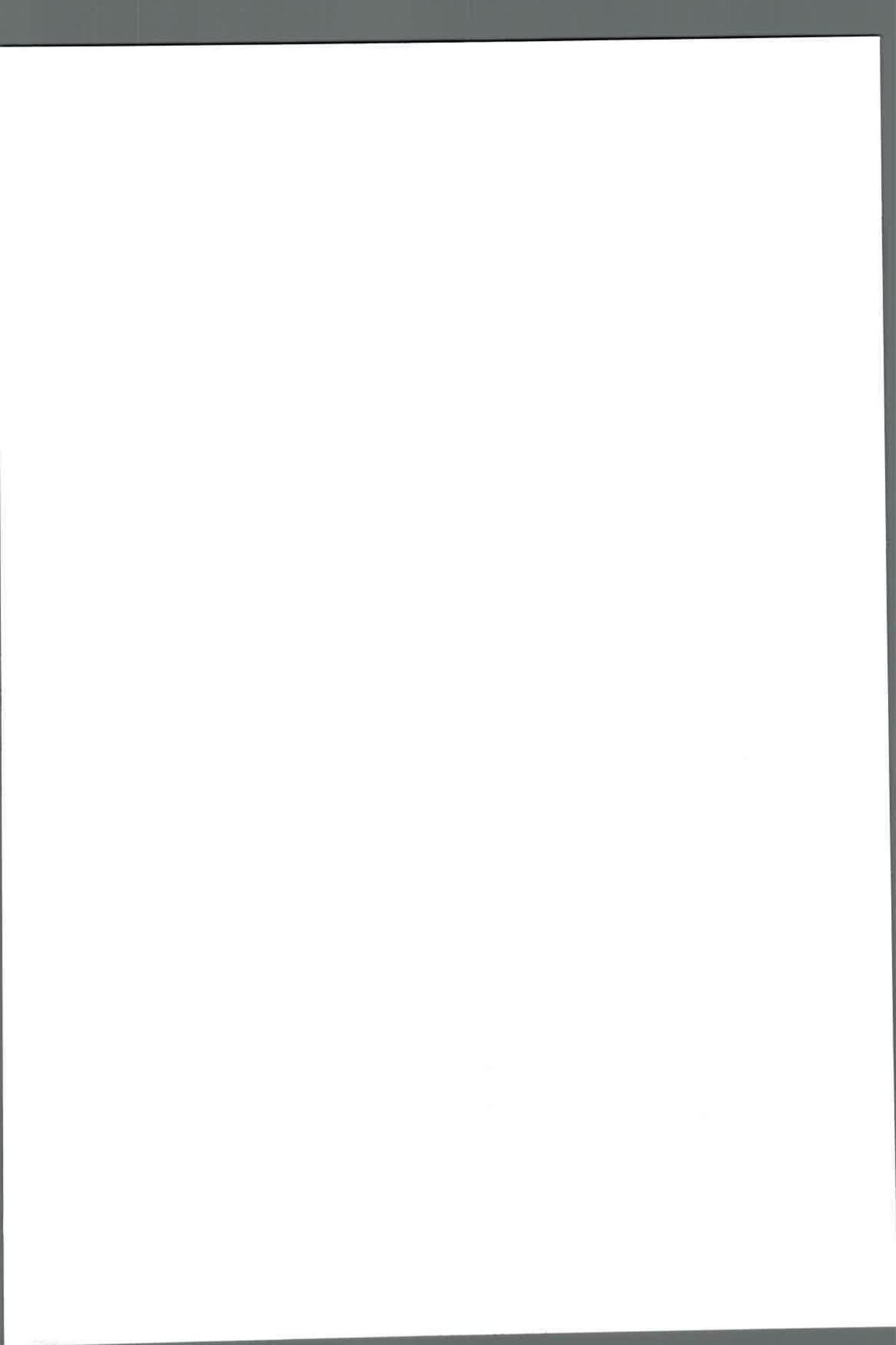
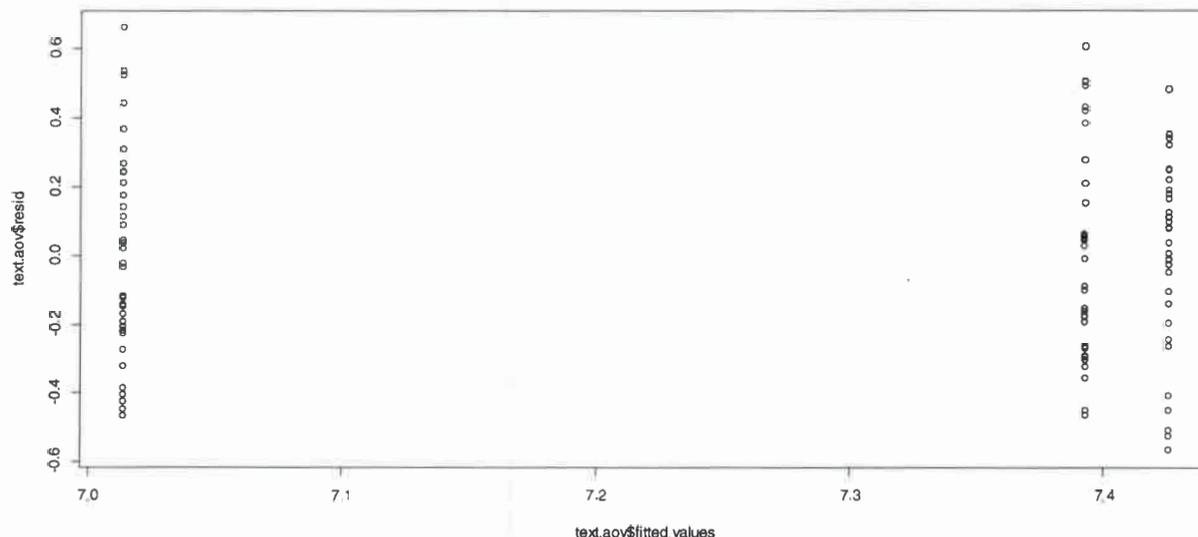


GRAFICO DE LOS RESIDUOS VERSUS LOS VALORES AJUSTADOS



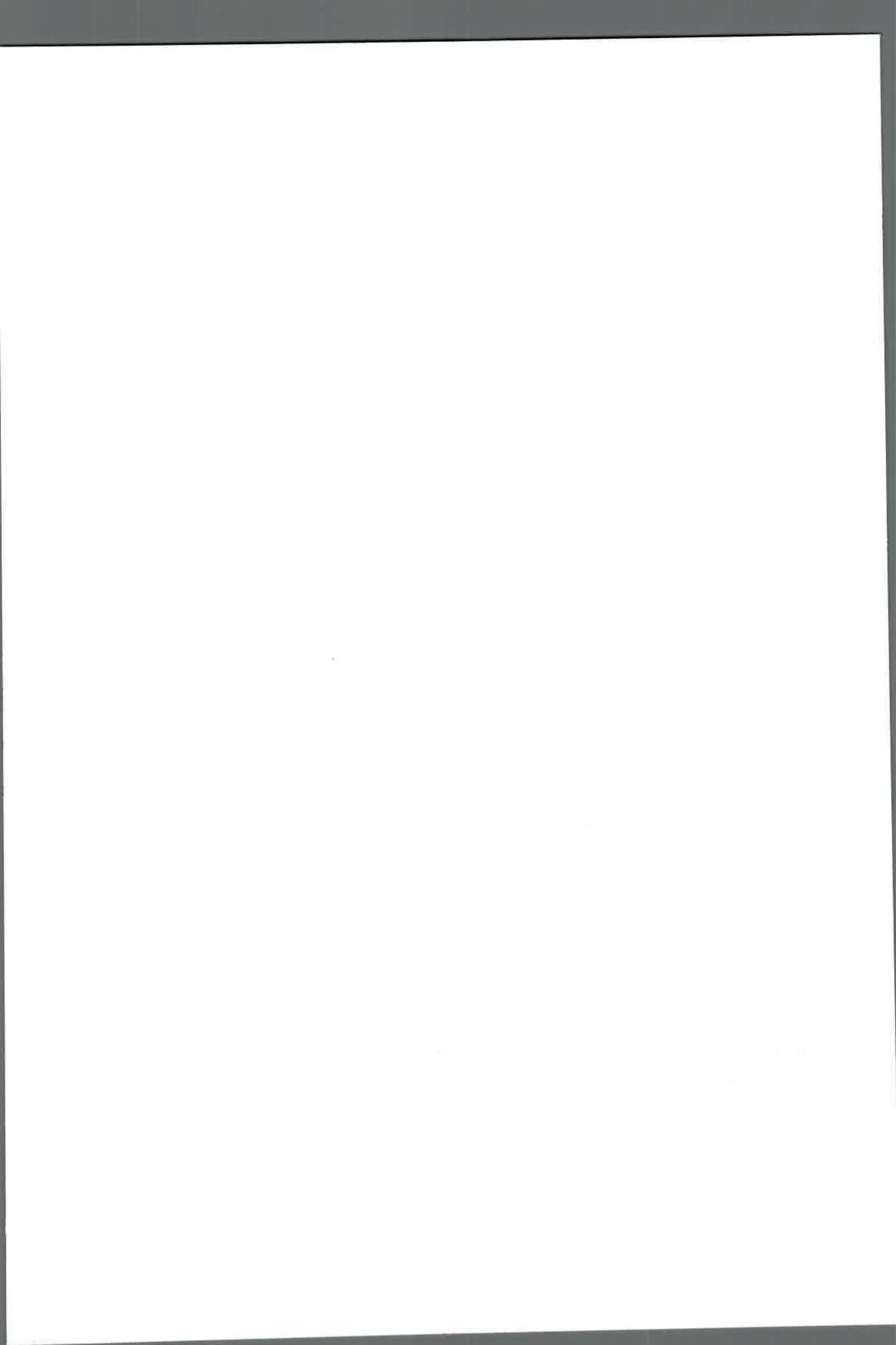
Los gráficos muestran claramente que los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas se cumplen, se visualiza que los residuos varían entre -3 y 3 lo que garantiza que el modelo planteado para los datos transformados es el adecuado.

13.1.8 Interpretación de resultados

El ANOVA para textura a los distintos niveles de temperatura a las que fueron sometidos los bocaditos de cereales, indico que hubo diferencias significativas entre las medias de las temperaturas p -valor $< 0,05$.

Como los valores arrojaron diferencia significativa entre las muestras, entonces se aplicó la prueba de Tukey para determinar en qué niveles de temperatura se da la diferencia.

De donde se pudo concluir que entre las muestras de 100 y 80 °C no hay diferencia significativa, pero no sucede lo mismo con la muestra de 70 °C que si hay diferencia significativa entre los pares: 100-70 °C y 80-70 °C para el ciclo 1 del descriptor dureza.

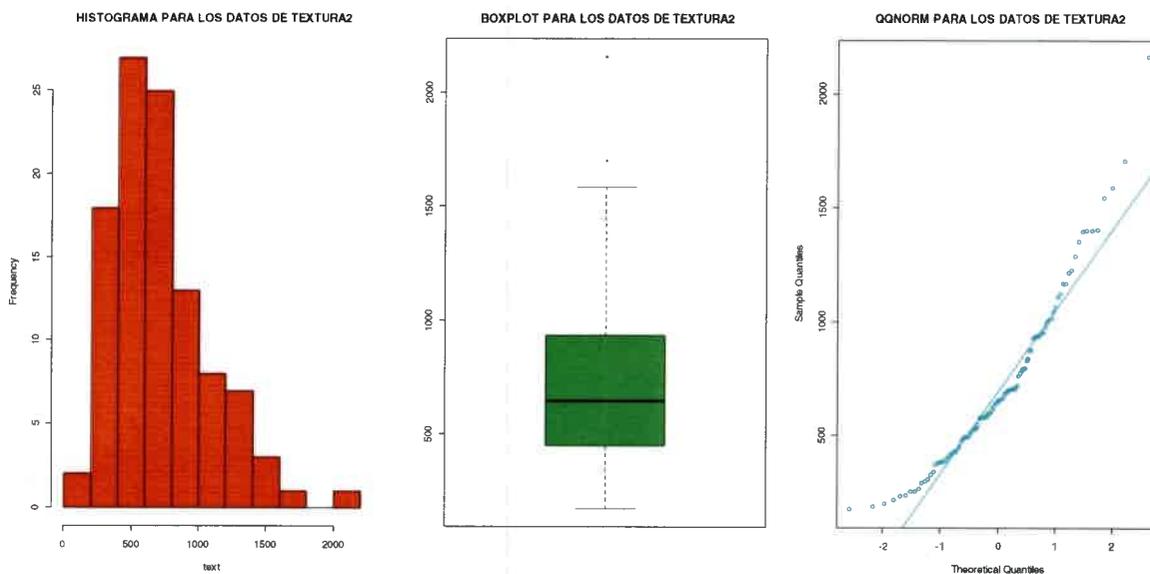


13.2 Análisis estadístico de textura: Ciclo 2 Dureza para 100, 80 y 70 °C

Antes de realizar el ANOVA se testea la hipótesis de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas

13.2.1 Test de NORMALIDAD para todos los datos

Gráficos de testeo de Normalidad



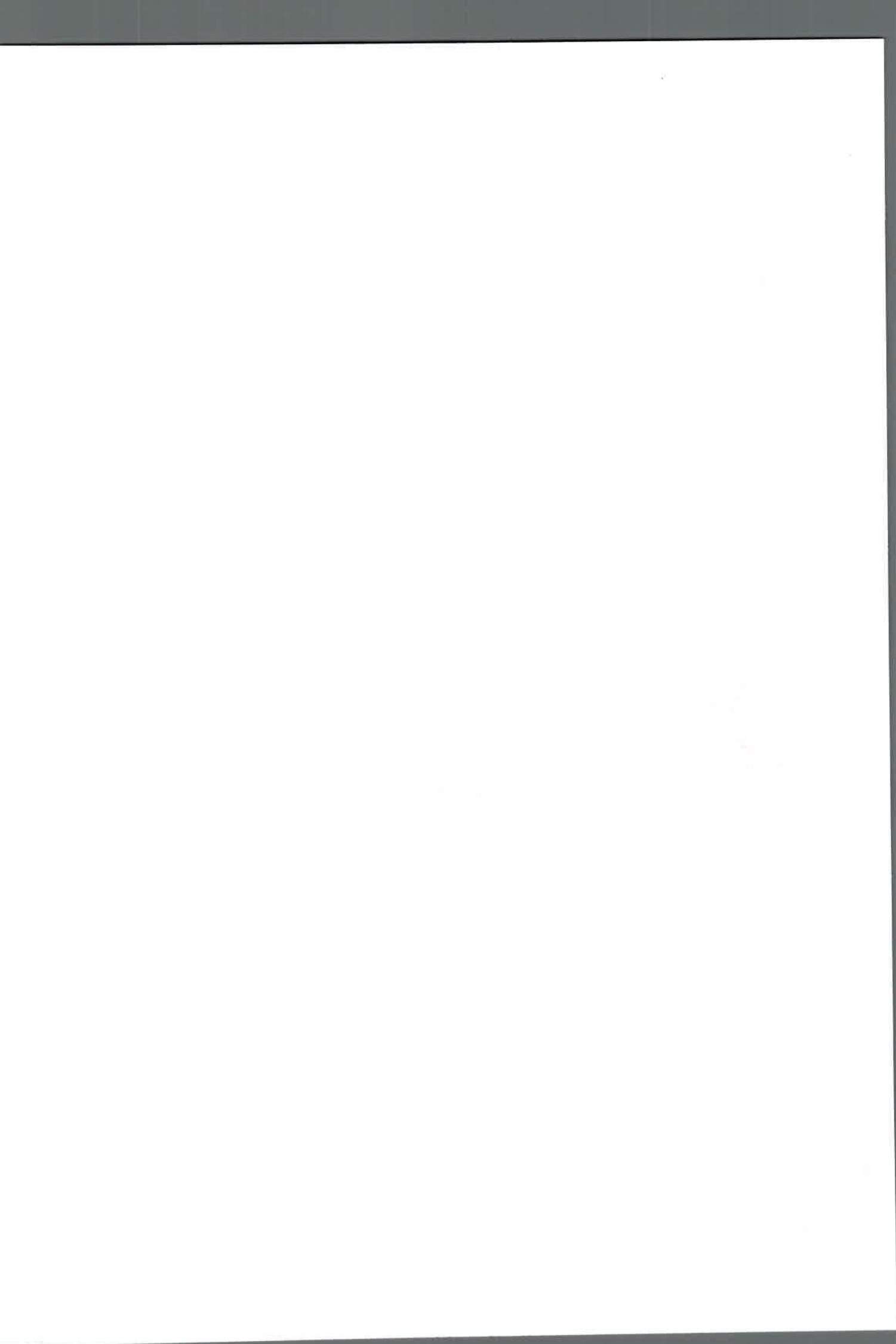
```
shapiro.test(text)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: text

W = 0.9282, p-value = 2.575e-05 *Los datos de textura para el ciclo 2 no son normales.*

Antes de realizar el ANOVA se testea la hipótesis de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas



13.2.2 Test de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS

```
levene.test(text,temperatura)
```

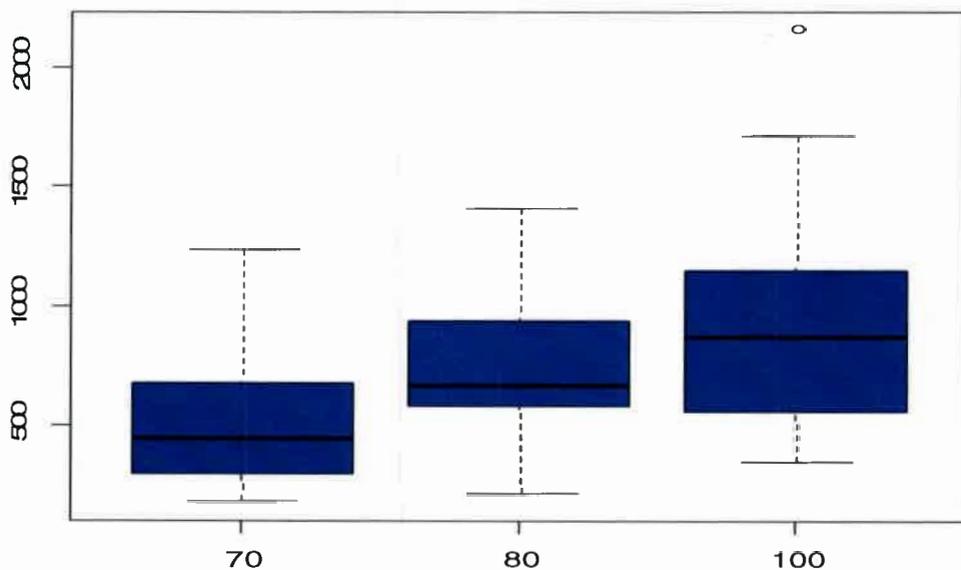
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

group 2 4.8974 **0.009313** ** *Las varianzas no son homogéneas*

102

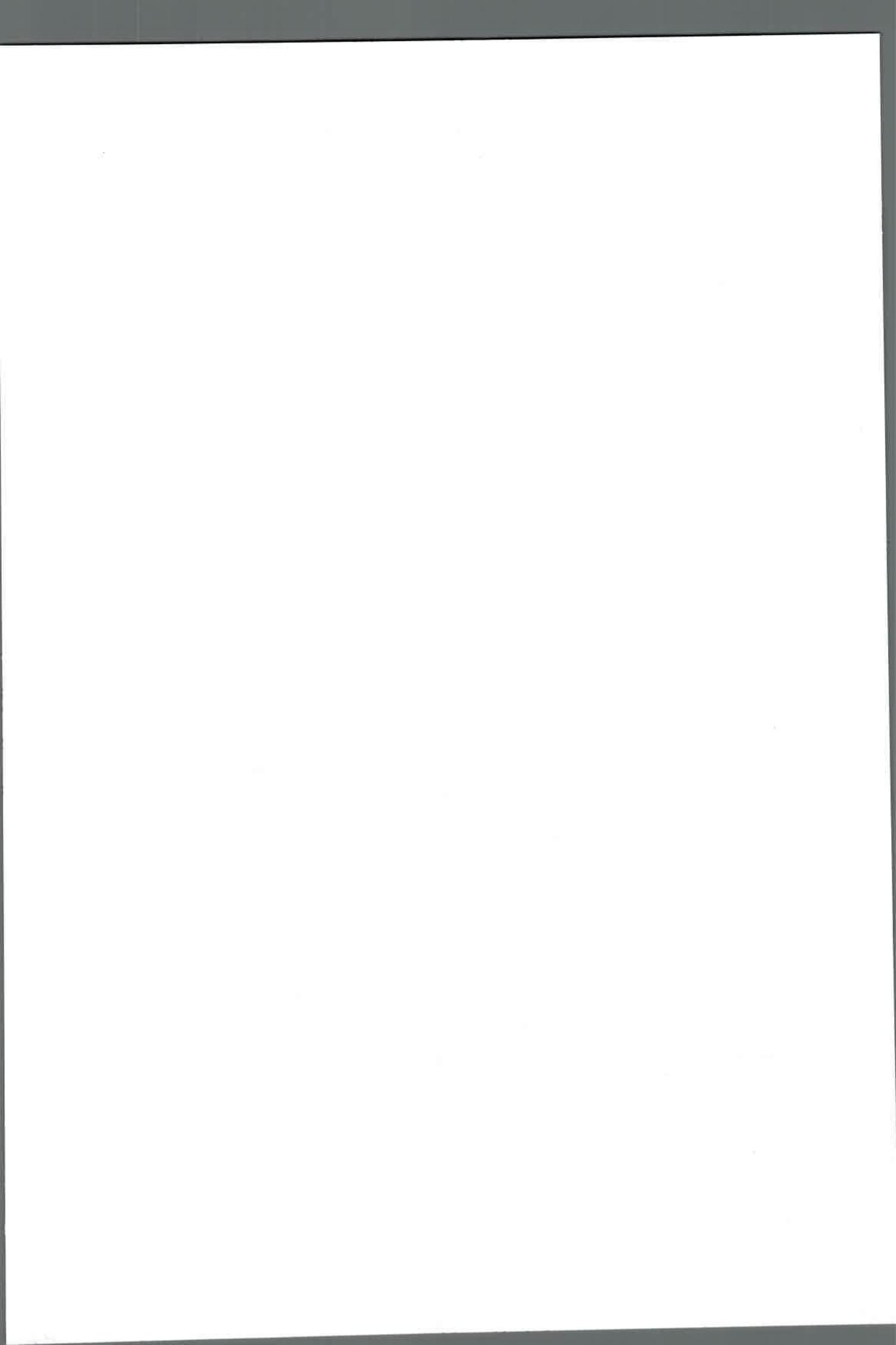
Gráfico de cajas para 70, 80 y 100 °C



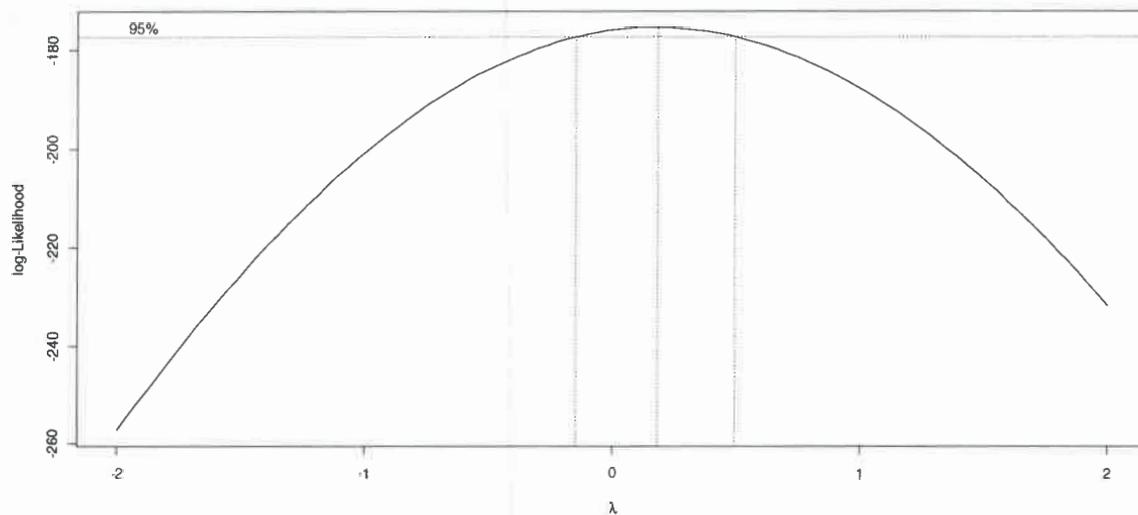
Lo expresado por LEVENE se ve reflejado en el gráfico de BOX PLOTS detectando además dos datos extremos para las temperaturas 70-80 °C.

Como los datos no son normales aunque tengan varianzas homogéneas, se transforman los datos con la raíz cuadrada para mejorar la normalidad.

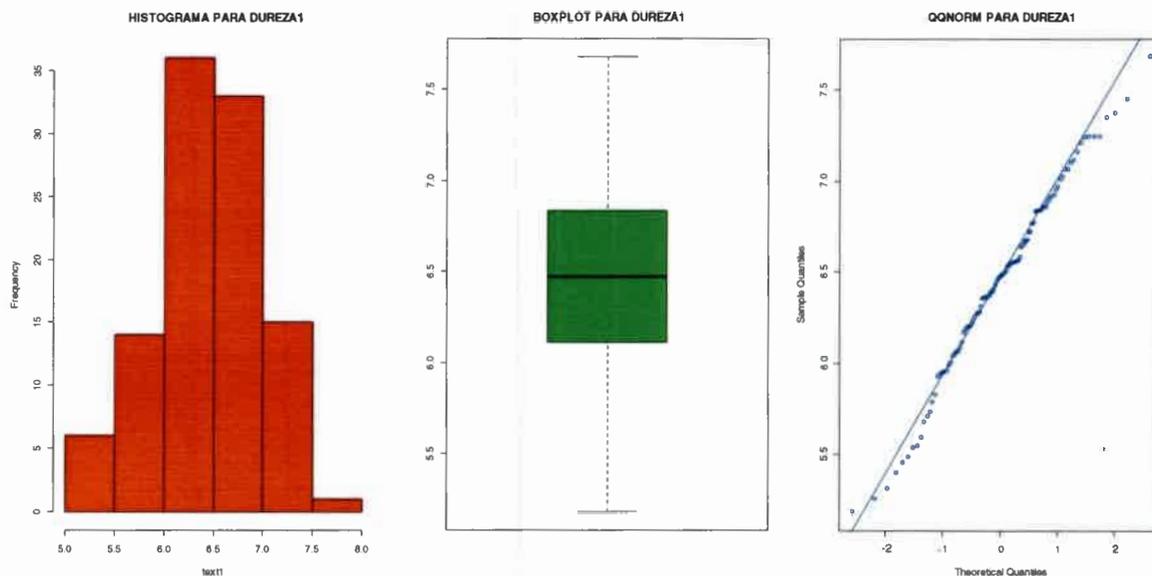
Buscamos una transformación para mejorar la normalidad y la homogeneidad de las varianzas, usamos BOX Y COX.



Análisis del efecto de las variables temperatura y tiempo de secado en la calidad nutricional de bocaditos salados a base de amaranto, nutricionalmente equilibrados.



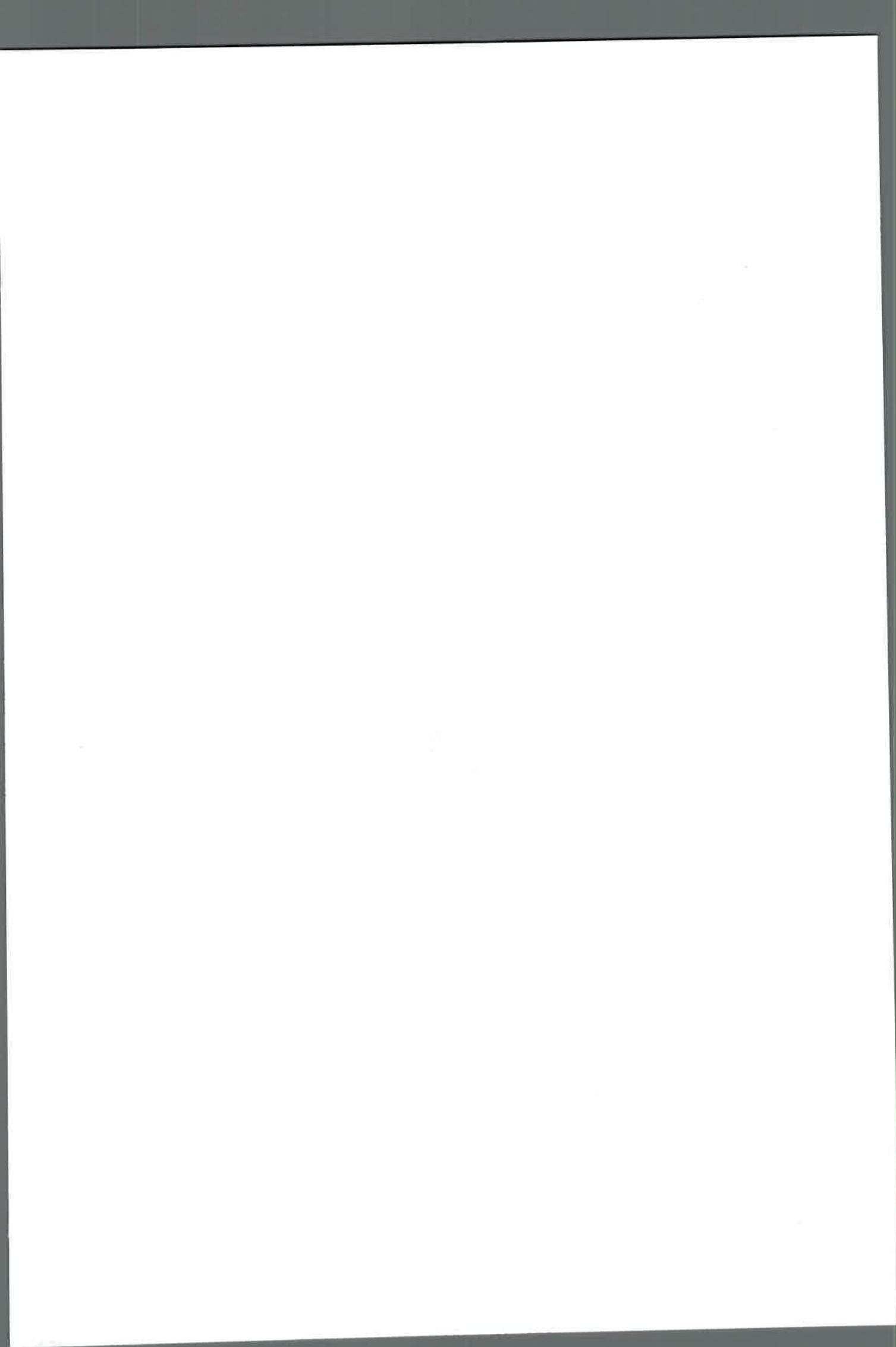
Se elige LA TRANSFORMACION LOGARITMICA



Los gráficos muestran claramente con la transformación logarítmica que mejoró la normalidad. Ahora se testea con SHAPIRO WILKS.

13.2.3 Test de Shapiro Wilk

`shapiro.test(text1)`



Shapiro-Wilk normality test

data: text1

W = 0.989, p-value = 0.5493 *Los datos ahora son normales*

13.2.4 Test de HOMOGENEIDAD de VARIANZAS

levene.test(text1,temperatura)

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

group 2 1.7922 **0.1718** *las varianzas son homogéneas en los tres grupos de temperaturas*

102

Las cajas son ahora mas homogéneas en tamaño indicando lo que resultó en la prueba de LEVENE que las varianzas son homogeneas, además se ve que puede haber diferencia entre las temperaturas 70-80 °C y 70-100 °C, no así en 80-100 °C

13.2.5 Test de ANOVA

text.aov=aov(text1~temperatura)

> summary(text.aov)

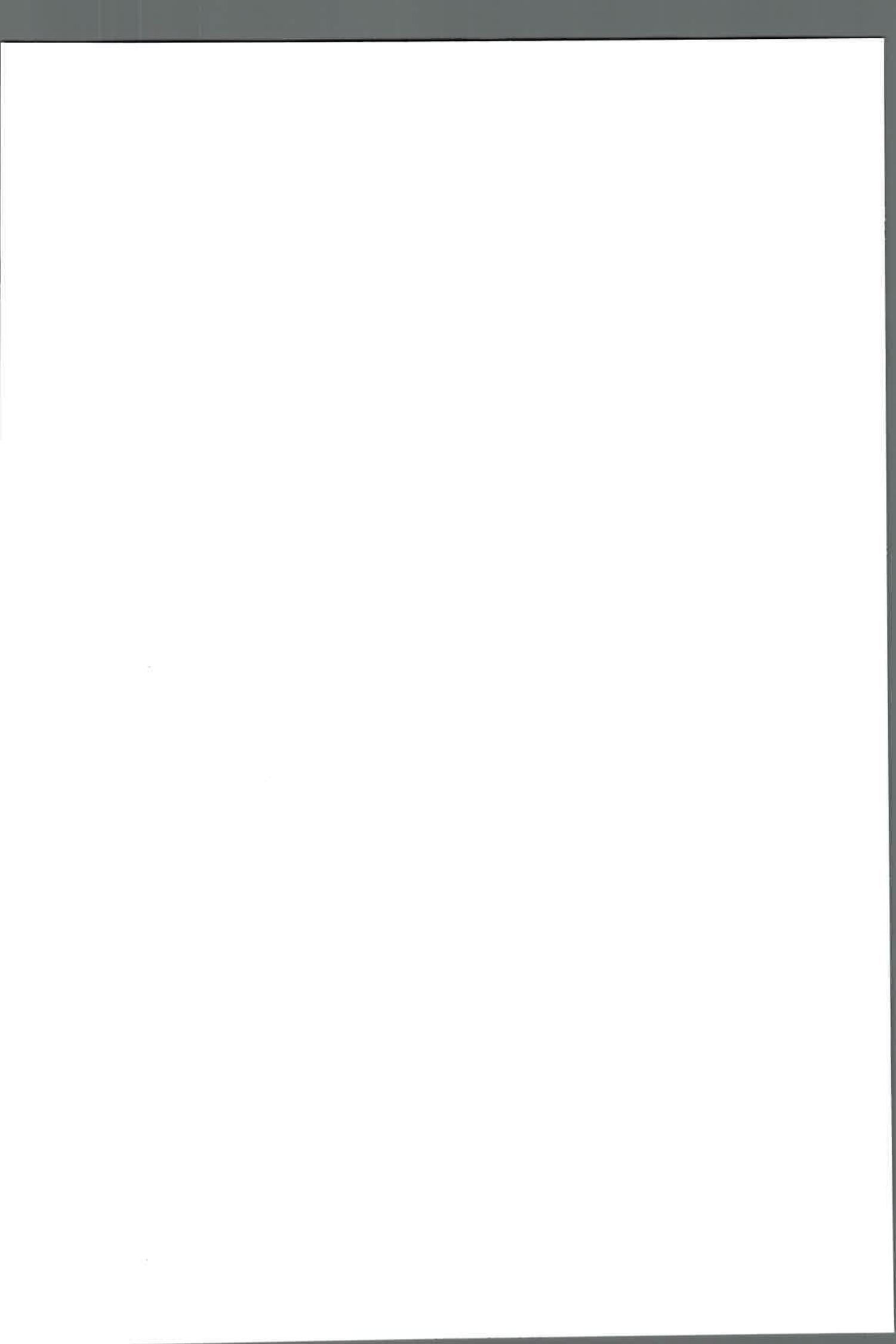
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

temperatura 2 6.827 3.414 16.02 **8.92e-07 *****

Residuals 102 21.738 0.213

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Hay diferencia altamente significativa entre los niveles medios de las temperaturas.



13.2.6 Test de Tukey

TukeyHSD(text.aov)

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

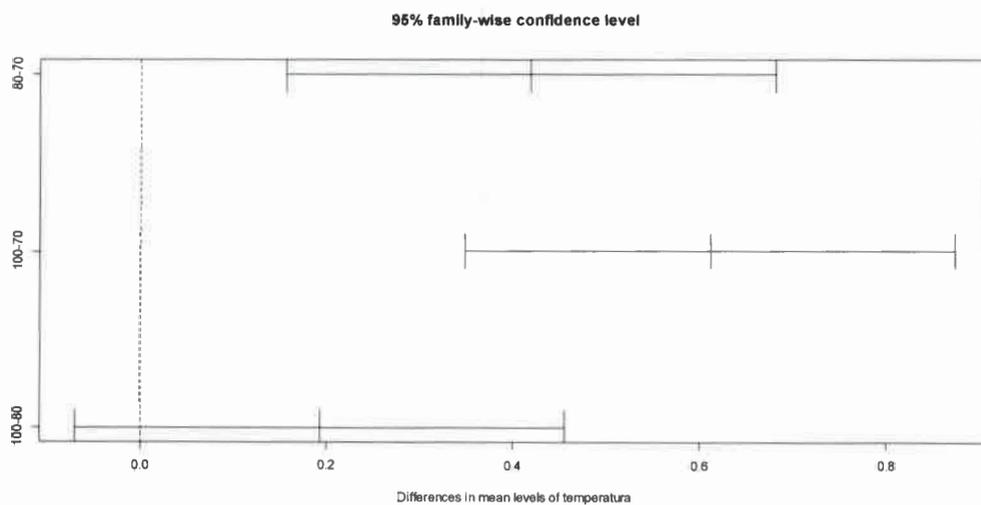
Fit: aov(formula = text1 ~ temperatura)

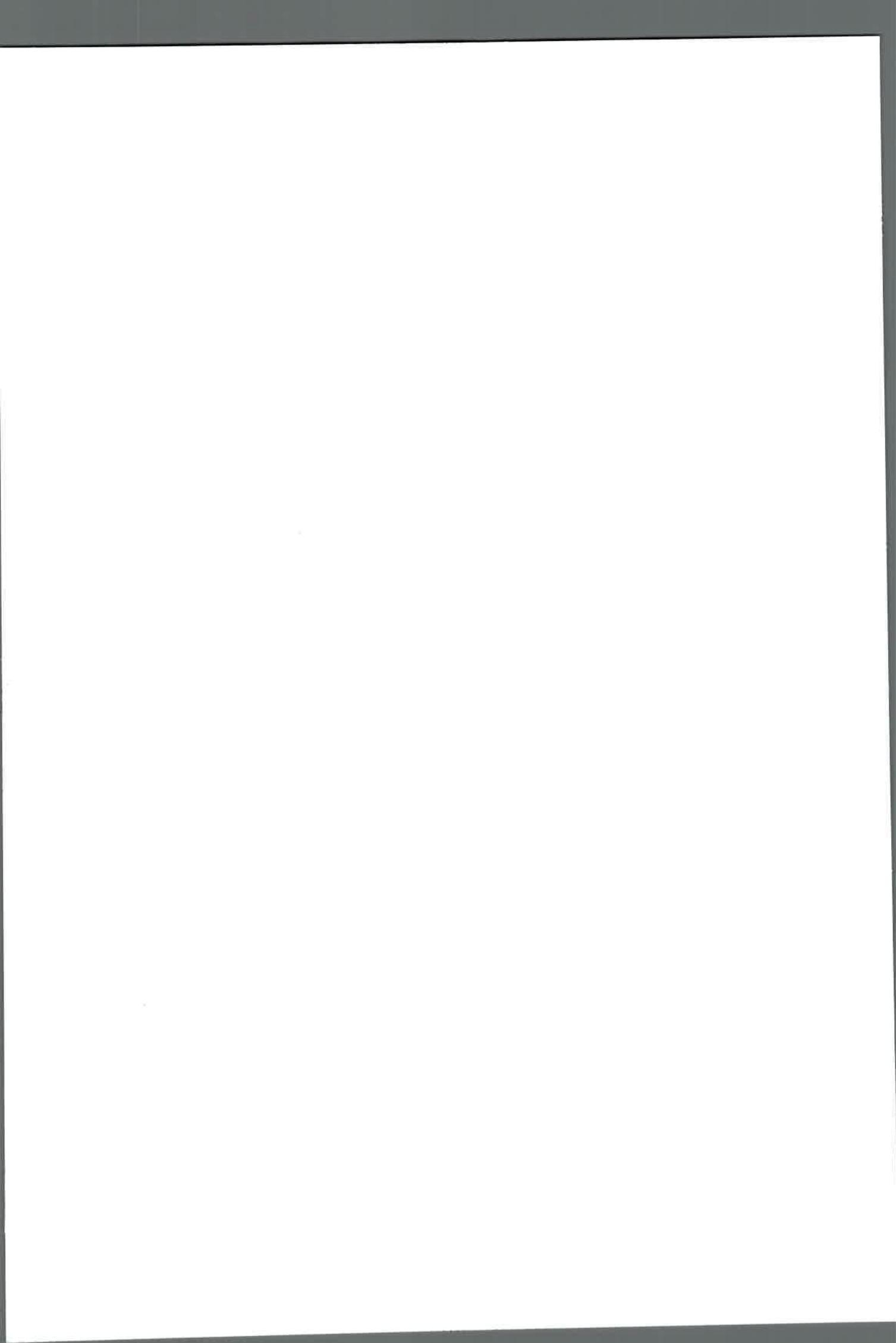
\$temperatura

<i>diff</i>	<i>lwr</i>	<i>upr</i>	<i>p</i>	<i>adj</i>
80-70	0.4183208	0.15585429	0.6807873	0.0007391
100-70	0.6108548	0.34838830	0.8733213	0.0000007
100-80	0.1925340	0.06993248	0.4550005	0.1937307

Claramente se ve que las diferencias están entre las de 70-80 °C y 70-100 °C no así entre las de 80-100 °C

Gráficamente





13.2.7 Verificación de los supuestos de NORMALIDAD y HETEROSCEDASTICIDAD del modelo

Gráficos de testeo de Normalidad

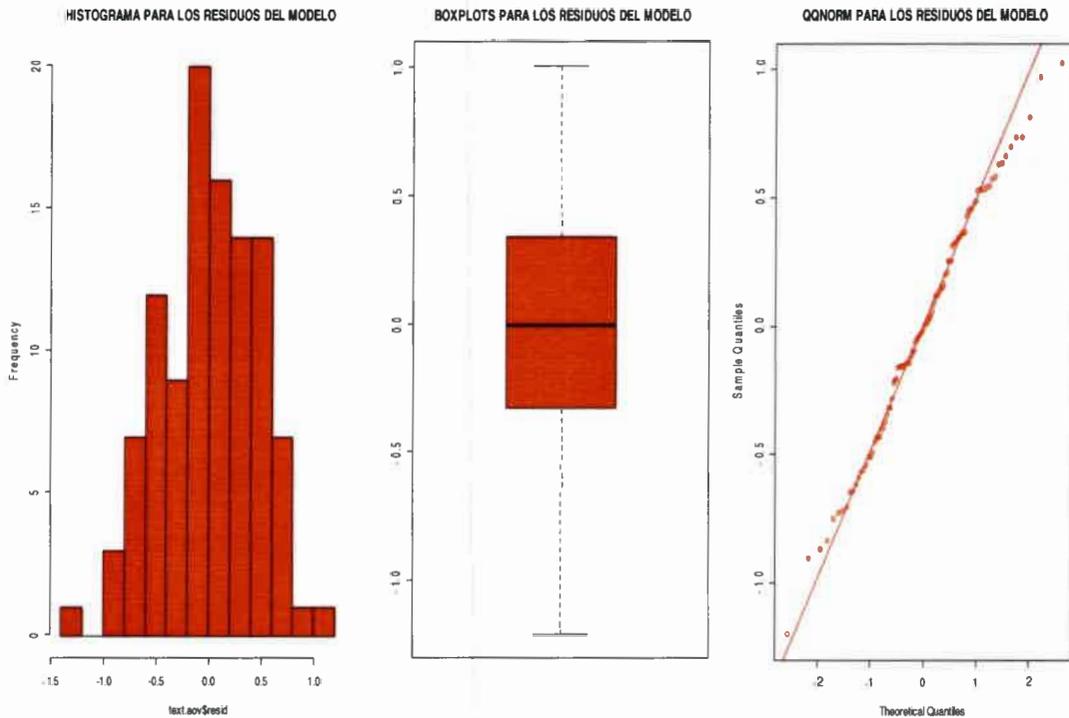
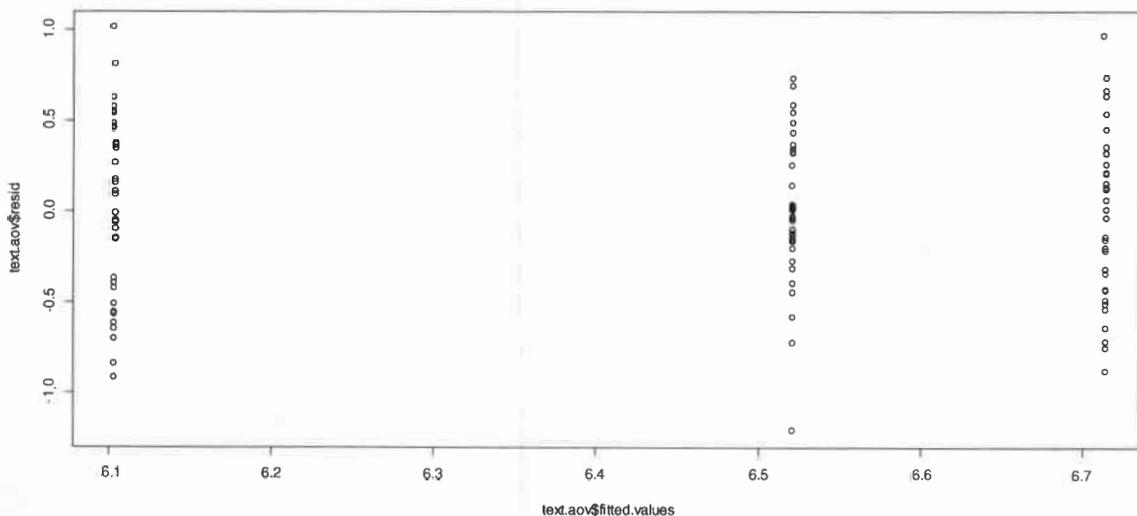
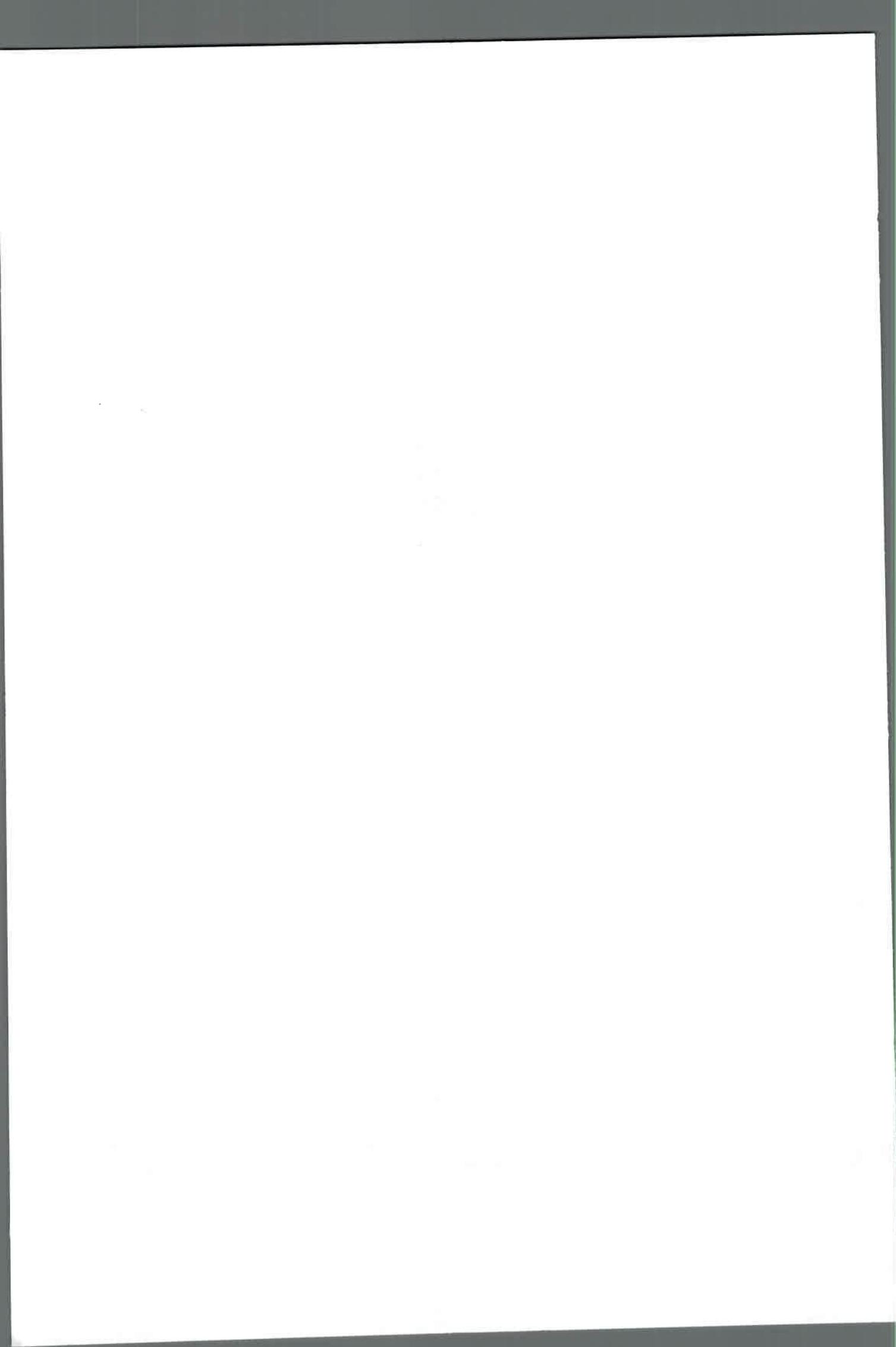


GRAFICO DE LOS RESIDUOS VERSUS LOS VALORES AJUSTADOS



Los gráficos muestran claramente que los supuestos de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas se cumplen, se visualiza que los residuos varían



entre -3 y 3 lo que garantiza que el modelo planteado para los datos transformados es el adecuado.

13.2.8 Interpretación de resultados

El ANOVA para textura a los distintos niveles de temperatura a las que fueron sometidos los bocaditos de cereales, indico que hubo diferencias significativas entre las medias de las temperaturas $p\text{-valor} < 0,05$.

Como los valores arrojaron diferencia significativa entre las muestras, entonces se aplicó la prueba de Tukey para determinar en qué niveles de temperatura se da la diferencia.

De donde se pudo concluir que entre las muestras de 100 y 80 °C no hay diferencia significativa, pero no sucede lo mismo con la muestra de 70 °C que si hay diferencia significativa entre los pares: 100-70 °C y 80-70 °C para el ciclo 2 del descriptor dureza.