

Esp
INCAP
DCE
001
c.2

Métodos sensoriales psíquicos para la evaluación de alimentos

B.M. Watts G.L. Ylimaki L.E. Jeffery L.G. Elías



El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá en apoyo de la investigación técnica y de política concebidas a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Los cinco programas sectoriales del Centro son Recursos Naturales, Ciencias Sociales, Ciencias de la Salud, Ciencias y Sistemas de la Información, y Asuntos Corporativos e Iniciativas. Los fondos del Centro provienen del Parlamento de Canadá; sin embargo, las políticas del CIID son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, África, Asia y el Medio Oriente.

This publication is also available in English.

Il existe également une version française de cette publication.

METODOS SENSORIALES BASICOS

PARA LA EVALUACION DE ALIMENTOS

B.M. Watts

G.L. Ylimaki

L.E. Jeffery

Departamento de Alimentos y Nutrición,
Facultad de Ecología Humana,
Universidad de Manitoba,
Winnipeg, Manitoba, Canadá

L.G. Elías

Instituto de Nutrición
de Centroamérica y Panamá,
Ciudad de Guatemala,
Guatemala,
Centroamérica

Preparado con la ayuda del
Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo,
Ottawa, Canadá

Título original de la obra *Basic Sensory Methods for Food Evaluation*

© International Development Research Centre 1989

© International Development Research Centre 1992
PO Box 8500, Ottawa, Ontario, Canadá, K1G 3H9

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Casilla de Correos 6379, Montevideo, Uruguay

Watts, B.M.
Ylimaki, G.L.
Jeffery, L.E.
Elías, L.G.

IDRC-277s

Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa, Ont., CIID,
1992. x + 170 p.: il.

/Ensayo/ , /tecnología alimentaria/ , /productos agropecuarios/ , /comportamiento del
consumidor/ , /valor nutritivo/ — /planificación/ , /discusión en grupo/ , /ambiente del
trabajo/ , /herramientas de mano/ , /análisis estadístico/ , /manuales/ .

UDC: 664.001.5:339.4

ISBN: 0-88936-564-4

Traducción: *Oficina de Traducciones, Secretaría de Estado, Canadá*
Revisión técnica: *Gilbert Croome*

Se dispone de edición microficha.

Este trabajo fue realizado con ayuda de una subvención del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá. Los puntos de vista aquí expresados son los del autor y no representan necesariamente las opiniones del Centro, del Departamento de Alimentos y Nutrición de la Universidad de Manitoba o del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. La mención hecha de nombres patentados no constituye una recomendación del producto y su aparición sólo obedece a razones de información.

INDICE

PREFACIO ix

PROLOGO 1

INTRODUCCION 5

Capítulo 1 **Utilización de pruebas orientadas al producto
y pruebas orientadas al consumidor** 7

 1.1 **PRUEBAS ORIENTADAS AL CONSUMIDOR** 8

 1.2 **PRUEBAS ORIENTADAS AL PRODUCTO** 9

Capítulo 2 **Diseño de instalaciones para pruebas sensoriales** 11

 2.1 **INSTALACIONES PERMANENTES PARA
PRUEBAS SENSORIALES** 12

 2.1.1 **Area de Preparación de Alimentos** 12

 2.1.2 **Area de Deliberaciones del Panel** 14

 2.1.3 **Cabinas para Degustación** 14

 2.1.4 **Area de Oficina** 19

 2.1.5 **Utensilios y Equipo para las Pruebas Sensoriales** ... 20

 2.2 **INSTALACIONES TEMPORALES PARA PRUEBAS
SENSORIALES** 24

 2.2.1 **Area de Preparación de Alimentos** 24

 2.2.2 **Area de Panel** 26

 2.2.3 **Area de Oficina** 26

 2.2.4 **Utensilios y Equipo para las Pruebas Sensoriales** ... 26

 2.3 **DISEÑO DE UN LABORATORIO SENCILLO PARA
PRUEBAS SENSORIALES** 27

Capítulo 3 **Establecimiento de paneles sensoriales** 31

 3.1 **RECLUTAMIENTO DE LOS PANELISTAS** 31

 3.2 **ORIENTACION A LOS PANELISTAS** 32

 3.3 **SELECCION INICIAL DE PANELISTAS
PARA PANELES ENTRENADOS** 33

 3.4 **ENTRENAMIENTO DE LOS PANELISTAS** 34

3.5	MONITOREO DEL RENDIMIENTO DE TRABAJO DE LOS PANELISTAS	36
3.6	MOTIVACION DE LOS PANELISTAS	37
Capítulo 4	Conducción de pruebas sensoriales	39
4.1	TOMA DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA PRUEBAS SENSORIALES	39
4.2	PREPARACION DE MUESTRAS PARA PRUEBAS SENSORIALES	40
4.3	PRESENTACION DE MUESTRAS PARA PRUEBAS SENSORIALES	41
4.4	USO DE MUESTRAS DE REFERENCIA	43
Capítulo 5	Reducción de errores en las respuestas del panel	47
5.1	ERRORES DE EXPECTACION	47
5.2	ERRORES POR POSICION	48
5.3	ERRORES POR ESTIMULO	49
5.4	ERRORES POR CONTRASTE	50
Capítulo 6	Recolección y análisis de datos sensoriales	51
6.1	ESCALAS DE MEDICION	51
6.1.1	Escalas Nominales	52
6.1.2	Escalas Ordinales	52
6.1.3	Escalas de Intervalo	53
6.1.4	Escalas Racionales	55
6.2	ANALISIS ESTADISTICO	56
6.3	PRUEBAS ESTADISTICAS	59
6.3.1	Pruebas Estadísticas para Datos Sensoriales	59
6.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	61
6.4.1	Aleatorización	62
6.4.2	Agrupamiento en Bloques	62
6.4.3	Repeticiones	63

3.5	MONITOREO DEL RENDIMIENTO DE TRABAJO DE LOS PANELISTAS	36
3.6	MOTIVACION DE LOS PANELISTAS	37
Capítulo 4	Conducción de pruebas sensoriales	39
4.1	TOMA DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA PRUEBAS SENSORIALES	39
4.2	PREPARACION DE MUESTRAS PARA PRUEBAS SENSORIALES	40
4.3	PRESENTACION DE MUESTRAS PARA PRUEBAS SENSORIALES	41
4.4	USO DE MUESTRAS DE REFERENCIA	43
Capítulo 5	Reducción de errores en las respuestas del panel	47
5.1	ERRORES DE EXPECTACION	47
5.2	ERRORES POR POSICION	48
5.3	ERRORES POR ESTIMULO	49
5.4	ERRORES POR CONTRASTE	50
Capítulo 6	Recolección y análisis de datos sensoriales	51
6.1	ESCALAS DE MEDICION	51
6.1.1	Escalas Nominales	52
6.1.2	Escalas Ordinales	52
6.1.3	Escalas de Intervalo	53
6.1.4	Escalas Racionales	55
6.2	ANALISIS ESTADISTICO	56
6.3	PRUEBAS ESTADISTICAS	59
6.3.1	Pruebas Estadísticas para Datos Sensoriales	59
6.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	61
6.4.1	Aleatorización	62
6.4.2	Agrupamiento en Bloques	62
6.4.3	Repeticiones	63

Capítulo 7	Pruebas sensoriales: descripción y aplicaciones	65
7.1	PRUEBAS ORIENTADAS AL CONSUMIDOR	66
7.1.1	Pruebas de Preferencia	66
7.1.2	Pruebas de Aceptabilidad	70
7.1.3	Pruebas Hedónicas	73
7.2	PRUEBAS ORIENTADAS A LOS PRODUCTOS	86
7.2.1	Pruebas de Diferencia	87
7.2.2	Pruebas de Ordenamiento para Evaluar Intensidad	94
7.2.3	Pruebas de Evaluación de Intensidad con Escalas	98
7.2.4	Pruebas Descriptivas	112
Capítulo 8	Planificación de un experimento sensorial	113
APENDICES		115
Apéndice 1	Prueba de Reconocimiento de Sabores Básicos	117
Apéndice 2	Prueba de Reconocimiento de Olores Básicos	119
Apéndice 3	Entrenamiento y Monitoreo del Panel de Evaluación de la Textura de Frijol	122
Apéndice 4	Técnicas para Evaluar las Características de la Textura de los Frijoles Cocidos	124
Apéndice 5	Alimentos Usados como Puntos de Referencia en los Paneles de Evaluación de la Textura de los Frijoles	125
Apéndice 6	Boleta de Escala Lineal Usada en los Paneles de Evaluación de la Textura de los Frijoles	126
Apéndice 7	Tablas Estadísticas	127
BIBLIOGRAFIA		145
GLOSARIO		153
INDICE ANALITICO		167

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Area de deliberaciones con cabinas a lo largo de la pared	15
Figura 2	Cabinas con secciones individuales para cada panelista	17
Figura 3	Recipientes desechables para muestras	22
Figura 4	Recipientes reutilizables para muestras	23
Figura 5	Presentación típica de una bandeja para un panelista	25
Figura 6	Plano del laboratorio para pruebas sensoriales construido en el INCAP, Guatemala	28
Figura 7	Ejemplos de escalas sensoriales empleadas corrientemente	54
Figura 8	Boleta para la prueba de preferencia pareada en puré de frijol	69
Figura 9	Boleta para la prueba de aceptabilidad de la textura del frijol	71
Figura 10	Boleta para prueba hedónica de 9 puntos utilizada para evaluar diferentes variedades de frijol	78
Figura 11	Boleta de prueba triangular para muestras de frijol con y sin tratamiento	91
Figura 12	Boleta para la prueba de ordenamiento por la dureza de la cáscara de frijol	95
Figura 13	Boleta para evaluar la dureza de los frijoles usando una escala lineal	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Datos de ordenamiento tabulados prueba de aceptabilidad	74
Tabla 2	Puntajes de categorías tabulados para la prueba hedónica	81
Tabla 3	Tabla de análisis de varianza para la prueba hedónica	83
Tabla 4	Seis posibles órdenes de presentación en una prueba triangular	89
Tabla 5	Datos tabulados de la prueba triangular	93
Tabla 6	Tabulación de datos de prueba de ordenamiento por intensidad	97
Tabla 7	Tabulación de datos de la prueba de evaluación de dureza	102
Tabla 8	Tabla I — Análisis de varianza de la evaluación de dureza	106
Tabla 9	Matriz de datos de los totales de tratamientos por cada panelista	107
Tabla 10	Tabla II — Análisis de varianza de la prueba de evaluación de dureza	108

LISTA DE TABLAS ESTADÍSTICAS

Apéndice Tabla 7.1	
Tabla de números aleatorios	129
Apéndice Tabla 7.2	
Prueba binomial de dos extremos	131
Apéndice Tabla 7.3	
Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de “todos los tratamientos” a un nivel de significancia de 5%	132
Apéndice Tabla 7.4	
Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de “todos los tratamientos” a un nivel de significancia de 1%	133
Apéndice Tabla 7.5	
Distribución de F al nivel de significancia de 5%	134
Apéndice Tabla 7.6	
Distribución de F al nivel de significancia de 1%	136
Apéndice Tabla 7.7	
Valores Críticos (Valores Q) de la nueva prueba de amplitud múltiple de Duncan al nivel de significancia de 5%	138
Apéndice Tabla 7.8	
Valores Críticos (Valores Q) de la nueva prueba de amplitud múltiple de Duncan al nivel de significancia de 1%	140
Apéndice Tabla 7.9	
Prueba binomial de un extremo	142
Apéndice Tabla 7.10	
Puntos de porcentaje de la amplitud o intervalo de variación Estudiantizada — Los puntos superiores de 5%	143
Apéndice Tabla 7.11	
Puntos de porcentaje de la amplitud o intervalo de variación Estudiantizada — Los puntos superiores de 1%	144

PREFACIO

Este manual tiene por finalidad servir como guía técnica básica para los métodos de evaluación sensorial. Se ha recopilado pensando en las necesidades de los científicos de los países en desarrollo. Estos, a diferencia de sus homólogos en los países industrializados, frecuentemente carecen de instalaciones adecuadas y de acceso a fuentes de información.

La experiencia de los autores en la confección e implementación de pruebas de evaluación sensorial en el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) en Guatemala, ha ejercido gran influencia en la selección de los materiales contenidos en esta guía. Esta experiencia fue en parte apoyada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), mediante un proyecto de investigación sobre frijoles que tenía por objeto estudiar los problemas de almacenamiento, endurecimiento, largos tiempos de preparación y capacidad nutritiva. Los autores merecen nuestro agradecimiento y nuestras

felicitaciones por la producción de esta guía que es a la vez completa y práctica.

En apoyo de la investigación de la alimentación y su relación con la nutrición, el CIID atribuye una alta prioridad a asegurarse de que cualquier producto nuevo o modificado considere lo que agrada, lo que desagrada y las preferencias de los grupos consumidores a quienes se destina. De lo que se trata es de ayudar a optimizar la probabilidad de conseguir un efecto positivo, especialmente para beneficio de los productores, elaboradores y consumidores menos económicamente favorecidos.

Confiamos que este manual será útil a una amplia variedad de lectores, incluyendo investigadores, estudiantes, organismos oficiales de control, y otros que tratan de los problemas de modos más eficaces y efectivos de producir alimentos, y utilizarlo dentro del contexto de preferencias y requisitos claramente identificados de los consumidores.

Geoffrey Hawtin

Director

División de Ciencias de la Agricultura, Alimentos y Nutrición

CIID

PRÓLOGO

Este manual responde a la necesidad de proporcionar directrices sobre la evaluación sensorial de productos agrícolas básicos en laboratorios donde el personal tenga una mínima o ninguna capacitación en análisis sensorial. La elaboración de este manual es uno de los resultados del proyecto en el que colaboraron el Departamento de Alimentos y Nutrición de la Universidad de Manitoba y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Los diferentes capítulos abarcan los principios de análisis sensorial, descripción de las instalaciones y metodologías de evaluación sensorial y ejemplos de análisis estadístico de los datos obtenidos de las pruebas sensoriales. Los ejemplos presentados se han tomado de estudios sobre las características sensoriales y aceptabilidad del frijol negro. Esos estudios se llevaron a cabo dentro del marco de una serie de investigaciones sobre el frijol, financiada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), destinada a aumentar la disponibilidad, consumo y valor nutritivo del frijol como elemento básico de la alimentación en América Latina; sin embargo, los principios discutidos se

aplican a la evaluación de muchos otros tipos de alimentos y los métodos descritos pueden emplearse para medir y comparar las características sensoriales, tanto de productos agrícolas como de alimentos procesados.

Esta publicación es una introducción a los métodos de análisis sensorial. Para un estudio más detallado de las técnicas usadas en esta área, el lector puede referirse a los recientes libros de Meilgaard et al. (1987), Jellinek (1985), Stone y Sidel (1985) y Piggott (1984), así como a las publicaciones STP 758 (1981), STP 682 (1979), STP 434 (1968) y STP 433 (1968) de la ASTM, y a la obra clásica de análisis sensorial de Amerine et al. (1985). También es recomendable el uso del texto *Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Foods* (Métodos de laboratorio para evaluación sensorial de alimentos) (Larmond 1977), el cual es bastante conciso y muy utilizado. Los métodos estadísticos para el análisis de datos de evaluaciones sensoriales están explicados en mayor detalle en libros tales como el de O'Mahony (1986) y el de Gacula y Singh (1984). Para los principios y métodos estadísticos básicos, el lector se puede remitir a cualquier buen texto de estadística como, por ejemplo, el de Snedecor y Cochran (1980), y el de Steel y Torrie (1980).

Queremos dejar constancia de nuestra gratitud por el apoyo brindado, al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, ciudad de Guatemala y al Departamento de Alimentos y Nutrición de la Universidad de Manitoba, Winnipeg. Asimismo deseamos expresar nuestra gratitud a muchas personas que trabajan en esas instituciones, por su apoyo y ayuda en cada etapa de la preparación de este texto. Sobre todo, los autores están muy agradecidos al personal y a los estudiantes del Instituto de Nutrición

y de la Universidad de Manitoba, quienes sirvieron como panelistas en las pruebas sensoriales utilizadas como ejemplo en este libro. Las sugerencias editoriales brindadas por Linda Malcolmson y Marion Vaisey-Genser de la Universidad de Manitoba; Gabriella Mahecha de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; Dorien van Herpen del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, fueron muy valiosas. Nuestro agradecimiento más sincero a Angela Dupuis, Bill Lim, Derrick Coupland y Horst Weiss, por el trabajo de mecanografía, diseño e ilustración del manuscrito. Por último, los autores desean expresar su gratitud por la ayuda y aliento recibidos de muchos otros colegas y amigos, muy numerosos para mencionarlos.

Beverly Watts

Gladys Ylimaki

Lois Jeffery

Luis G. Elías

INTRODUCCIÓN

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. El análisis sensorial es aplicable en muchos sectores, tales como desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos.

Si se desea obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Toda prueba que incluya paneles sensoriales debe llevarse a cabo en condiciones controladas, utilizando diseños experimentales, métodos de prueba y análisis estadísticos apropiados. Solamente de esta manera, el análisis sensorial podrá producir resultados consistentes y reproducibles.

Utilización de Pruebas Orientadas al Producto y de Pruebas Orientadas al Consumidor

Las impresiones sensoriales de los consumidores de alimentos comienzan en el lugar de compra, donde la selección de alimentos está determinada por los sentidos de la vista, olfato, tacto y en algunos casos el gusto. Durante la compra, preparación y consumo de alimentos, el costo del producto, empaque, apariencia cruda y cocida así como facilidad de preparación, son todos factores que influyen sobre la impresión total del consumidor hacia un producto.

La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis adaptados a las necesidades del consumidor y evaluaciones sensoriales con panelistas no entrenados. La información sobre las características sensoriales específicas de un alimento requiere pruebas orientadas al producto. La identificación y medición de las propiedades sensoriales es factor esencial para el desarrollo de

nuevos productos alimenticios, reformulación de productos ya existentes, identificación de cambios causados por los métodos de procesamiento, almacenamiento y uso de nuevos ingredientes así como, para el mantenimiento de normas de control de calidad. Este tipo de información cuantitativa orientada al producto, se obtiene llevando a cabo evaluaciones sensoriales en el laboratorio, con paneles entrenados. Cuando se modifica la fórmula de un alimento o se desarrolla una nueva fórmula, las pruebas orientadas al producto preceden a menudo a las pruebas orientadas al consumidor.

1.1 PRUEBAS ORIENTADAS AL CONSUMIDOR

En las pruebas orientadas hacia las preferencias del consumidor, se selecciona una muestra aleatoria numerosa, compuesta de personas representativas de la población de posibles usuarios, con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores. En las pruebas con consumidores no se emplean panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial; sin embargo, los panelistas deben ser usuarios del producto. Por lo general, para este tipo de pruebas se entrevistan de 100 a 500 personas. Los resultados se utilizan para predecir actitudes de una población determinada. Las entrevistas o pruebas pueden realizarse en un lugar central tal como un mercado, una escuela, centro comercial o centro comunitario, o también en los hogares de los consumidores. Una verdadera prueba orientada al consumidor requiere seleccionar un panel representativo de la población escogida como objetivo. Debido a que este proceso es caro y requiere bastante tiempo, frecuentemente se utilizan paneles internos de consumidores en la etapa inicial de los estudios de aceptabilidad de un producto. Estos paneles internos están

integrados por personal no especializado de la organización o institución y generalmente se llevan a cabo antes de iniciar las verdaderas pruebas dirigidas al consumidor. Los paneles internos resultan más fáciles de organizar que las verdaderas pruebas dirigidas a los consumidores y, además, permiten un mayor grado de control de las variables y condiciones de evaluación. Es importante notar que el objetivo de los paneles internos es ampliar, no reemplazar, las pruebas verdaderas orientadas a los consumidores.

Por lo general, estos paneles internos (paneles piloto de consumidores) están integrados por un número de 30 a 50 panelistas no entrenados, seleccionados dentro del personal de la organización donde se lleva a cabo el desarrollo o investigación del producto. El grupo de panelistas seleccionados deberá tener características similares a la población que consumirá el producto. Es ventajoso utilizar un panel lo más numeroso que sea posible. Este tipo de panel es capaz de indicar la relativa aceptabilidad de un producto y también identificar defectos en productos. Los resultados de los paneles internos de consumidores no deben utilizarse para predecir el comportamiento de un producto en el mercado ya que, este tipo de panel podría no ser representativo de la población real de consumidores.

1.2 PRUEBAS ORIENTADAS AL PRODUCTO

En las pruebas orientadas hacia el producto, se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Los paneles entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto),

textura o apariencia. Por lo general, estos paneles constan de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial, los que han sido especialmente entrenados para la tarea que se realizará. Los panelistas entrenados no deben utilizarse para evaluar aceptabilidad de alimentos, ya que, debido a su entrenamiento especial, no sólo son más sensibles a las pequeñas diferencias que lo que es el consumidor promedio, sino que también pueden poner a un lado sus preferencias y aversiones cuando están midiendo parámetros sensoriales.

Diseño de Instalaciones para Pruebas Sensoriales

Aunque las pruebas sensoriales no requieren instalaciones muy complejas, algunos requisitos básicos deben ser llenados para que las pruebas puedan ser conducidas eficientemente y los resultados a obtenerse sean confiables. Las mejores condiciones de prueba se obtienen con instalaciones físicas permanentes, especialmente diseñadas para pruebas sensoriales; sin embargo, el espacio existente en el laboratorio puede adaptarse para evaluaciones sensoriales. Las áreas básicas, que toda instalación de pruebas sensoriales debe tener son: (1) área de preparación de alimentos; (2) área separada para discusión del panel; (3) área de cabinas de degustación; (4) área de oficina o un escritorio para el encargado del panel; (5) material y equipo para preparar y servir las muestras.

2.1 INSTALACIONES PERMANENTES PARA PRUEBAS SENSORIALES

El diseño de instalaciones físicas permanentes e ilustraciones de posibles trazos para construir laboratorios sensoriales han sido presentados en libros como los de Jellinek (1985), Larmond (1977), Stone y Sidel (1985) y la publicación STP 913 de la ASTM (1986). El tipo y número de pruebas a ser conducidas, el espacio y recursos disponibles, son factores decisivos en el diseño del laboratorio.

En toda área dedicada al análisis sensorial, las paredes deberán ser pintadas de colores neutros. Los materiales de la superficie de pisos y mostradores deberán ser exentos de olores. Es importante evitar el uso de algunos tipos de alfombras y plásticos que desprendan olores que puedan interferir con las evaluaciones sensoriales.

2.1.1 Area de Preparación de Alimentos

El área de preparación de alimentos deberá estar provista de mostradores, lavaplatos, equipo para cocción, refrigeradores y espacio para almacenamiento. El área de preparación deberá estar bien iluminada y ventilada.

Mostradores. Es necesario contar con suficiente superficie de mostrador para la preparación de los alimentos y para colocar las bandejas de muestras preparadas, antes de pasarlas a los panelistas. Mostradores con una altura de aproximadamente 90 cm (36 pulgadas), son cómodos para trabajar. La profundidad estándar de los mostradores es de aproximadamente 60 cm (24 pulgadas).

Lavaplatos. Se deberá contar con un mínimo de dos lavaplatos con agua caliente y fría. También es útil contar en el laboratorio con una fuente de agua destilada para pruebas sensoriales. Si el agua corriente imparte olores o sabores, los panelistas deberán usar agua destilada para el enjuague, además, deberá emplearse agua destilada para cocinar y lavar equipo.

Equipo de cocción. Deberá contarse con estufas u hornillas de gas o eléctricas y hornos convencionales. Los hornos de microondas pueden ser también útiles en el área de preparación de alimentos.

Equipo de refrigeración. El almacenamiento refrigerado es esencial para conservar los alimentos perecederos y puede ser necesario para refrigerar muestras a una temperatura baja constante, antes de servirlos. Puede resultar útil contar con un congelador separado, para la conservación prolongada de ingredientes, el almacenamiento de muestras de referencia o para poder guardar y luego evaluar juntos aquellos alimentos que han sido preparados en diferente tiempo.

Espacio de almacenamiento. Aparadores o alacenas para el almacenamiento de equipo y utensilios para preparar y servir las muestras deberán construirse debajo de los mostradores de trabajo y sobre las ventanillas de paso entre el área de preparación y el área de degustación. Es útil contar con una repisa sobre las ventanillas de paso, para colocar las bandejas preparadas, mientras el panel se prepara para degustar. Las gavetas debajo de los mostradores son convenientes para guardar servilletas, lápices, cucharas, tenedores plásticos y otros suministros que necesite el panel.

Ventilación. Campanas de ventilación deberán ser colocadas sobre las estufas, para reducir los olores de la cocción en el área de preparación y así evitar que estos olores lleguen al área de degustación.

2.1.2 Area de Deliberaciones del Panel

Para las pruebas orientadas al producto, es necesario contar con una sala donde los panelistas puedan reunirse con el encargado del panel, para recibir instrucciones, entrenamiento, así como para intercambiar opiniones. Esta área deberá estar totalmente separada del área de preparación de alimentos, de manera que el ruido y los olores de la cocción no interfieran con el trabajo de los panelistas; asimismo, deberá estar situada de manera que no ocurran interrupciones de otro personal de laboratorio. Idealmente, el área de discusión debe ser cómoda, estar bien iluminada y contar con una mesa grande y sillas o bancos, para acomodar un mínimo de 10 personas. Deberá también contar con un pizarrón de madera para yeso, un rotafolio o un pizarrón para marcadores, que esté localizado en un punto de fácil visibilidad para todos los panelistas sentados alrededor de la mesa. Un tablero de anuncios situado cerca de la entrada, permitirá colocar anuncios e información acerca del desempeño del trabajo de los panelistas. En la Figura 1 se presenta un ejemplo del área de deliberaciones.

2.1.3 Cabinas para Degustación

El área de cabinas, al igual que el área de discusión deberá estar completamente aislada del área de preparación de alimentos. Aunque es preferible contar con un área dedicada específicamente a cabinas, el área de discusión y área de cabinas pueden combinarse,



Figura 1. Area de deliberaciones con cabinas a lo largo de la pared.

construyendo las cabinas a lo largo de una de las paredes de la sala de discusión, sin tener pared divisoria entre ambas, como se ilustra en la Figura 1. Esta disposición, no permite desarrollar simultáneamente discusiones de grupo y pruebas de degustación, lo que podría presentar problemas en caso de realizarse varios experimentos sensoriales al mismo tiempo.

El área de cabinas deberá tener compartimientos individuales donde los panelistas puedan evaluar las muestras sin la influencia de otros miembros del panel (Figura 2) ; deberá contar por lo menos con 4 cabinas individuales, pero por lo general, tiene de 5 a 10. Cada cabina deberá tener un mostrador, una silla o banco y una ventanilla de comunicación con el área de preparación de alimentos. Además, deberá contar con iluminación individual y tomacorrientes. Aunque podría parecer una buena idea colocar lavaderos en las cabinas para facilitar la expectoración de los panelistas, esto no es recomendable, ya que pueden despedir mal olor y causar problemas de higiene.

Es conveniente que la entrada al área del panel sea parcialmente visible desde el área de preparación de alimentos; de esta manera, el encargado del panel podrá ver en qué momento llegan los panelistas y podrá supervisar las actividades tanto en la sala de preparación de alimentos como en el área del panel.

Cabinas de degustación. Las cabinas pueden construirse con divisiones permanentes o bien, consistir en un mostrador con divisiones móviles. Cada cabina deberá tener una profundidad aproximada de 60 cm (24 pulgadas) y ser de un ancho mínimo de 60 cm (24 pulgadas), aunque es preferible un ancho de 76 a 86 cm (30-34 pulgadas). El mostrador de la cabina deberá estar a la misma altura que el mostrador del otro lado de la ventanilla en el



Figura 2. Cabinas con secciones individuales para cada panelista.

área de preparación de alimentos, para facilitar el paso de las bandejas con muestras. La altura puede ser la típica de un escritorio, aproximadamente 76 cm (30 pulgadas) o la de un mostrador, aproximadamente 90 cm (36 pulgadas). Por lo general, esta última es la más conveniente y útil para el área de preparación de alimentos. Las divisiones entre las cabinas deben tener una altura de por lo menos 90 cm (36 pulgadas) y deben sobresalir del mostrador unos 30 cm (12 pulgadas), para la privacidad de los panelistas.

Sillas o bancos. Las sillas deberán tener la altura apropiada para que los panelistas puedan sentarse cómodamente al mostrador, que tiene una altura de 76 a 90 cm (30 a 36 pulgadas). Deberá haber suficiente espacio entre el borde del mostrador y la pared posterior de la cabina, para permitir el movimiento de las sillas y la entrada y salida de los panelistas mientras los otros están haciendo evaluaciones. La distancia mínima requerida es de 90 cm (36 pulgadas).

Ventanillas. Cada cabina deberá tener una ventanilla que permita pasar directamente las muestras y bandejas, desde el área de preparación hasta el área de degustación donde están los panelistas. La ventanilla deberá tener un ancho aproximado de 40 cm (16 pulgadas) y una altura de 30 cm (12 pulgadas), debiendo estar al nivel del mostrador. La puerta de la ventanilla puede ser corrediza, o con bisagras laterales o en la parte superior. Las puertas corredizas deberán estar bien ajustadas, de lo contrario, pueden atascarse y causar problemas. Las puertas con bisagras laterales o en la parte superior quitan mucho espacio libre del mostrador, el cual es necesario para trabajar adecuadamente.

Luces y tomacorrientes. Cada cabina deberá tener luz individual en la parte superior, para que la iluminación sea

uniforme en todas las cabinas. Las lámparas pueden ser incandescentes o fluorescentes. Las lámparas incandescentes permiten un control más fácil de la iluminación, pero su instalación y mantenimiento tiene un costo más alto que el de las lámparas fluorescentes. Los tubos fluorescentes pueden ser de luz blanca fría, blanca caliente y natural simulada. Este último tipo es el recomendado para las pruebas de alimentos. Además de las fuentes tradicionales de luz blanca, deberán instalarse luces de varios colores, tales como rojas y amarillas, las que pueden emplearse para encubrir las diferencias de color entre las muestras de alimentos. Los reflectores provistos de filtros plásticos movibles, de diferentes colores, son una manera económica de controlar el color de la luz. Cada cabina deberá tener un tomacorriente para poder utilizar bandejas termoeléctricas.

Ventilación. El área de panel deberá estar ventilada adecuadamente y mantenida a una temperatura y humedad apropiadas, que provea comodidad a los panelistas. El sistema de ventilación no deberá atraer olores del área de cocina. En caso de que el edificio donde están las instalaciones de evaluación sensorial tenga aire acondicionado, se puede mantener presión positiva en el área de cabinas para prevenir la infiltración de olores externos.

2.1.4 Área de Oficina

Además del espacio necesario para las pruebas sensoriales, se debe contar con un lugar en el que el encargado del panel pueda preparar las boletas o informes, analizar los datos y archivar los resultados. En esta área deberá haber un escritorio, un archivo y una calculadora con funciones estadísticas o una computadora provista de un programa estadístico para análisis de datos.

2.1.5 Utensilios y Equipo para las Pruebas Sensoriales

El área sensorial deberá estar equipada con utensilios para la preparación de alimentos y con recipientes pequeños para servir las muestras a los panelistas. Todos los utensilios deberán ser de materiales que no impartan olores o sabores a los alimentos que se están preparando o sometiendo a prueba. El equipo para preparar y servir alimentos así como los utensilios y cristalería para el área de pruebas sensoriales, deberán ser comprados nuevos y deberán reservarse exclusivamente para las pruebas sensoriales. Todos los alimentos, recipientes para muestras (especialmente los desechables), vasos para enjuague bucal y otros utensilios, deberán adquirirse en grandes cantidades, suficiente para que duren durante todo el estudio.

Utensilios para la preparación de alimentos. Será necesario contar con una pesa o balanza de precisión, cilindros graduados, pipetas, matraces graduados y vasos picudos de cristal de diferentes tamaños, para hacer mediciones precisas durante la preparación de los alimentos y el análisis de las muestras. Deberán preferirse las ollas de vidrio (p.ej., Pyrex) o de vidrio-cerámica (p.ej., Corningware) a las de metal, ya que con los recipientes de vidrio y de vidrio-cerámica se corre menos riesgo de impartir sabores u olores a los alimentos. Si se dispone solamente de utensilios de metal, los de acero inoxidable son preferibles a los de aluminio, peltre o hierro. También serán necesarios termómetros y utensilios comunes de cocina como coladores y tamices, abrelatas, cuchillos, tenedores, cucharas, recipientes hondos, agarradores para cacerolas calientes y recipientes con tapadera para almacenamiento.

Recipientes para muestras. Los recipientes para muestras deberán seleccionarse de acuerdo al tamaño y características de la

muestra. El tamaño de los recipientes variará de acuerdo con el tipo de producto que se esté analizando y con la cantidad de muestra a presentar. Es conveniente utilizar recipientes desechables de papel, plástico o duroport, de 30–60 mL (1–2 onzas) con tapadera (Figura 3), así como cajas petri y platillos de papel desechables. El inconveniente es que éstos pueden resultar muy caros. Una alternativa apropiada es emplear recipientes reutilizables como vasos, vasitos de medida, copas pequeñas, vasos picudos pequeños, dulceras, botellas, cajas de vidrio o cajas petri (Figura 4) y frascos de vidrio. Es necesario contar con tapaderas de algún tipo para evitar que las muestras de alimentos se sequen o sufran cambios de temperatura y apariencia, así como para evitar que las muestras se contaminen con polvo y suciedad. El uso de tapaderas es muy importante, sobre todo al momento de evaluar olores de muestras de alimentos, ya que permite que las sustancias volátiles de la muestra se acumulen en el recipiente, de manera que al destapar el recipiente y llevarlo a la nariz, el panelista perciba todo el impacto del olor.

Al momento de comprar recipientes para muestras, es importante verificar que éstos no despidan ningún olor que pueda interferir con la evaluación de los alimentos. Deberá comprarse un número suficiente de recipientes de tamaño y forma apropiados, para garantizar que las muestras se sirvan en recipientes idénticos durante todo el estudio.

Bandejas. Deberá contarse con bandejas plásticas o metálicas para colocar las muestras que se servirán a cada panelista. También es recomendable que en cada cabina haya bandejas termoeléctricas de calentamiento, para las muestras que se sirven calientes. Las muestras colocadas en baño de María en las bandejas termoeléctricas, reciben un calor más uniforme, que las colocadas



Figura 3. Recipientes desechables para muestras.



Figura 4. Recipientes reutilizables para muestras.

directamente en las bandejas. Si no se tienen estas bandejas termoeléctricas, las muestras pueden mantenerse calientes en un termo o en un horno en el área de preparación, hasta que llegue el momento de servir las. En todos los casos se requieren recipientes que no se derritan y que no permitan que entre agua a las muestras. Los recipientes de duroport con tapadera (p.ej., tortillera) representan una alternativa de bajo costo para mantener calientes las muestras durante períodos breves.

Utensilios adicionales. Será también necesario contar con cucharas, tenedores y cuchillos plásticos, servilletas, vasos de vidrio o desechables para beber agua y para la expectoración, así como picheles grandes para el agua, que sean preferiblemente de vidrio. En la Figura 5 se muestra un orden típico de bandeja para presentar las muestras a un panelista. Para el lavado del equipo se recomienda usar detergente sin fragancia.

2.2 INSTALACIONES TEMPORALES PARA PRUEBAS SENSORIALES

Cuando no se disponga de un área diseñada específicamente para pruebas sensoriales o cuando se lleven a cabo paneles con consumidores fuera de la instalación permanente, un área temporal podrá crearse para cumplir con los requisitos mínimos para llevar a cabo pruebas sensoriales.

2.2.1 Área de Preparación de Alimentos

En un laboratorio se pueden establecer instalaciones de cocina provisionales, utilizando hornillas y recipientes de duroport para



Figura 5. Presentación típica de una bandeja para un panelista.

mantener los alimentos calientes por períodos cortos. Las bandejas preparadas se pueden colocar en carritos, cuando el espacio de mostrador esté limitado.

2.2.2 Area de Panel

La evaluación de las muestras se puede realizar en cualquier área separada en que puedan reducirse al mínimo las distracciones, los ruidos y los olores. Podría resultar adecuado el uso de un comedor o un salón donde se toma café, que no se esté utilizando al momento de llevarse a cabo la prueba sensorial.

Es importante que en el lugar que se use, no haya olores de comida o bebida al momento de la prueba. Para brindar un cierto grado de privacidad a los panelistas y para reducir al mínimo las distracciones, se pueden construir divisiones portátiles de madera delgada o cartón grueso, colocándolas sobre la mesa, entre los panelistas.

2.2.3 Area de Oficina

El encargado del panel necesitará espacio para preparar las boletas, planificar las pruebas sensoriales y analizar los datos. Deberá también tener acceso a una calculadora con operaciones estadísticas.

2.2.4 Utensilios y Equipo para las Preubas Sensoriales

Los utensilios y equipo serán idénticos a los indicados para la instalación permanente.

2.3 DISEÑO DE UN LABORATORIO SENCILLO PARA PRUEBAS SENSORIALES

En el INCAP, en la ciudad de Guatemala, se construyó un laboratorio para pruebas sensoriales que incluye cabinas para los panelistas y área de discusión, adyacentes a una cocina ya existente (Figura 6). El área de preparación de alimentos estaba ya bien equipada con estufas, lavaderos, refrigeradores, aparadores para almacenamiento y mostradores.

En la nueva instalación hay acceso a los cubículos para panelistas, desde el área de la cocina, a través de las ventanillas con puertas corredizas. Las cinco cabinas para el panel, abiertas en la parte de atrás, dan al área de deliberaciones de grupo, equipada con una mesa grande y bancos para acomodar de 12 a 15 personas. Cada cabina tiene lámparas individuales y un tomacorriente. Las divisiones entre las cabinas tienen bisagras, de manera que se pueden plegar a un lado, si en algún momento se necesita espacio libre en el mostrador.

Aunque el encargado del panel no disponía de una oficina separada, un escritorio colocado en el área de preparación de alimentos servía para la preparación de boletas y análisis de datos.

Para equipar el laboratorio sensorial del INCAP, se adquirieron los siguientes artículos:

- 1 balanza analítica
- cristalería (cilindros graduados — probetas — y vasos picudos de diferentes tamaños)



Figura 6. Plano del laboratorio para pruebas sensoriales construido en el INCAP, Guatemala.

- 5 bandejas termoeléctricas para calentamiento con termostato ajustable (1 por cabina)
- 8 ollas de vidrio de 3 L con tapadera
- recipientes plásticos de 10 a 300 mL, con tapadera, para almacenamiento
- 20 recipientes de duroport de 15 cm de diámetro, con tapadera (tortillera)
- 15 bandejas plásticas blancas
- 6 picheles grandes para agua
- vasos rojos para muestras, de 48–50 mL, con tapadera de papel estaño
- vasos de plástico desechables, de 75 mL, para expectoración
- recipientes plásticos desechables de 30 mL, con tapadera, para muestras
- vasitos de duroport con tapadera, de 30 mL para muestras
- cucharitas plásticas desechables
- servilletas de papel
- soportes o agarradores para ollas, toallas pequeñas, cucharas, tenedores, cuchillos, coladores, toallas de papel, detergente
- calculadora con programa estadístico.

Establecimiento de Paneles Sensoriales

El instrumento de prueba para el análisis sensorial es el panel de personas reclutadas y entrenadas para realizar tareas específicas de evaluación sensorial. El encargado del panel es el encargado del reclutamiento y capacitación de los panelistas, así como de la evaluación de su trabajo, dando el ejemplo con buen liderazgo y motivación. La preparación y dirección eficiente del panel, por parte del encargado son factores esenciales para lograr su funcionamiento eficaz.

3.1 RECLUTAMIENTO DE LOS PANELISTAS

Por lo general, el reclutamiento de panelistas, tanto para paneles entrenados como para paneles no entrenados, puede iniciarse con el personal que trabaja en la institución u organización en que se lleve a cabo la investigación. La mayoría de personas que trabajan en una organización son panelistas potenciales y usualmente estarán

interesados en participar si sienten que su contribución es importante.

Para facilitar el reclutamiento de los miembros del panel, todos los candidatos deberán llenar cuestionarios indicando cuáles son sus alimentos preferidos y los que menos les agradan, además de su grado de interés en el proyecto que se llevará a cabo. También deberán mencionar todo tipo de restricciones y alergias alimentarias que padezcan y las fechas y horas en que están dispuestos a participar en los paneles; esta información ayudará al encargado del panel a seleccionar a aquellos individuos apropiados para el estudio. En una compañía o institución donde se lleven a cabo pruebas sensoriales de una manera sistemática, es útil tener un archivo con información de todos los posibles panelistas. Es útil guardar un registro de cada panelista que ha participado en cualquier prueba sensorial.

3.2 ORIENTACION A LOS PANELISTAS

Todos los posibles panelistas deberán ser invitados al área de evaluación sensorial, en grupos de no más de 10, para que el encargado del panel pueda explicarles la importancia de las pruebas sensoriales, enseñarles las instalaciones físicas del laboratorio y responder a preguntas que puedan surgir. Los individuos que participen solamente en los paneles internos de aceptabilidad (paneles no entrenados), no necesitan recibir entrenamiento adicional; sin embargo, resulta útil demostrar la forma en que las boletas deben ser marcadas, utilizando un retroproyector o pizarrón. Debe evitarse mencionar el alimento específico que se someterá a prueba. La explicación del método y procedimiento de prueba reducirá las posibilidades de confusión y facilitará el trabajo de los

panelistas, ya que es importante que los panelistas comprendan los procedimientos y el uso de boletas o tarjetas de puntaje, para que puedan completar la prueba en una forma similar.

Se debe recomendar a los panelistas que eviten el uso de materiales que tengan olores fuertes, tales como jabones, lociones y perfumes, antes de participar en los paneles; asimismo, deberán abstenerse de comer, beber o fumar por lo menos 30 minutos antes del inicio de una prueba sensorial.

3.3 SELECCION INICIAL DE PANELISTAS PARA PANELES ENTRENADOS

Los panelistas que acepten integrar los paneles entrenados deberán someterse a pruebas, para determinar si tienen agudeza sensorial normal. Esto puede realizarse al pedirles que en una prueba identifiquen sabores básicos y olores comunes. En los Apéndices 1 y 2 aparecen instrucciones para llevar a cabo pruebas de identificación de sabores y olores.

Deberá también evaluarse la sensibilidad de los panelistas, es decir su capacidad para discriminar diferentes grados de una característica sensorial específica. Para determinar la capacidad de discriminación de los panelistas, a menudo se emplean pruebas triangulares de degustación, utilizando muestras de alimentos o soluciones idénticas excepto en lo que respecta a una característica de sabor o textura. Las personas que tengan un pobre sentido de olfato o gusto, o que no tengan sensibilidad a diferencias en intensidad de sabor y textura, podrán ser identificadas a través de este proceso. Este proceso de selección inicial, provee de una

experiencia sensorial preliminar a aquellos candidatos seleccionados para integrar el panel entrenado definitivo.

Una vez concluida la selección inicial, los panelistas deberán probar su habilidad para discriminar utilizando muestras muy similares o idénticas, de entre aquellas que se estudiarán en las pruebas. La capacidad de discriminación de algunos panelistas es excelente para un tipo de alimento, pero no para otros; por ello, es importante encontrar panelistas que sean sensibles a las diferencias en el alimento objeto de estudio.

Si se contara con 20 ó 25 candidatos en esta selección inicial, entonces será relativamente fácil seleccionar para la fase de capacitación a un grupo de 12 a 14 personas que haya demostrado capacidad superior durante el proceso inicial. Los panelistas seleccionados deberán estar interesados en el proyecto y deben estar dispuestos a participar durante la duración del mismo. El entrenamiento del panel toma aproximadamente 1 hora diaria, por lo general de 2 a 4 veces por semana. El entrenamiento del panel debe iniciarse con un número mayor de personas que el que se necesita para el panel entrenado definitivo, ya que algunos panelistas casi siempre abandonan el grupo por causa de enfermedad o prioridades relacionadas con el trabajo. El panel entrenado definitivo deberá incluir al menos 8 personas que tengan una buena capacidad de discriminación en la prueba a realizarse.

3.4 ENTRENAMIENTO DE LOS PANELISTAS

El desempeño de la labor realizada por cada panelista, así como la de todo el panel, puede mejorarse mediante ejercicios de

entrenamiento apropiados. El entrenamiento deberá diseñarse para ayudar a los panelistas a formular juicios válidos y confiables que sean independientes de sus preferencias personales. Cada ejercicio de entrenamiento deberá ir acompañado de una discusión de los resultados, dirigida por el encargado del panel, con el fin de que el panel pueda desarrollar métodos de evaluación uniformes. El entrenamiento del panel para llevar a cabo pruebas de diferencia y de ordenamiento, toma sólo unas cuantas sesiones. En el caso de análisis cuantitativo, la capacitación puede requerir de diez a doce sesiones, o incluso más, cuando es necesario evaluar un número grande de características sensoriales.

El entrenamiento final supone el empleo de productos alimenticios similares a los que se usarán durante las pruebas reales. Los panelistas deberán acostumbrarse a los rangos de intensidades de las características que encontrarán durante el estudio. Durante el entrenamiento podrán establecerse los mejores procedimientos de preparación y presentación de muestras y podrá diseñarse la tarjeta de calificación o boleta definitiva.

Deberán realizarse discusiones frecuentes entre los panelistas y el encargado del panel, para garantizar que todos los panelistas comprenden la tarea, la boleta y la terminología y pueden distinguir las características que serán estudiadas. A través del uso de definiciones y descripciones precisas para la evaluación de cada característica, así como, el uso de muestras de alimento para ejemplificar cada característica siempre que sea posible, se puede lograr que los panelistas lleguen a un acuerdo entre ellos y que den respuestas consistentes.

Algunos panelistas pueden no ser buenos para un tipo de prueba sensorial, pero obtener resultados excelentes en otras, es necesario

fomentar la participación de estas personas en paneles posteriores; el encargado del panel deberá también expresar reconocimiento y agradecimiento por la participación de cada panelista.

3.5 MONITOREO DEL RENDIMIENTO DE TRABAJO DE LOS PANELISTAS

El rendimiento de los panelistas debe ser monitoreado durante el entrenamiento, para determinar el progreso de la capacitación. El entrenamiento subsecuente deberá concentrarse en las muestras y características de las muestras cuya identificación y evaluación hayan presentado dificultades para los panelistas. El entrenamiento estará completo cuando los panelistas se sientan cómodos con el procedimiento de evaluación, sean capaces de discriminar entre diferentes muestras repetidamente y den resultados reproducibles. Panelistas con un desempeño superior, podrán ser identificados para participar durante todo el estudio sensorial.

El encargado del panel debe seguir de cerca el progreso alcanzado, evaluando la habilidad del panel como grupo, así como la de cada panelista, para distinguir diferencias entre las muestras estudiadas y para reproducir los resultados de manera consistente. Para ambos tipos de evaluación, un grupo de muestras diferentes, las cuales el encargado del panel sabe que son diferentes, deberá ser evaluado por cada panelista repetidamente en varias ocasiones, para proveer los datos necesarios. Para evaluar los resultados, se utilizan análisis estadísticos (análisis de varianza — ANOVA). Los datos del panel son analizados para identificar variaciones significativas entre panelistas y entre muestras. Las diferencias significativas entre panelistas, aunque no son inesperadas, pueden ser reducidas con entrenamiento adicional. Cuando no se indican diferencias

significativas entre las muestras, pero el encargado del panel sabe que realmente hay diferencias, se hace necesario dar entrenamiento adicional a los miembros del panel.

Los resultados individuales de cada panelista podrán ser evaluados. Aquellas personas capaces de distinguir diferencias significativas entre las muestras, con pequeños errores cuadráticos medios en el análisis, deberán seleccionarse para integrar el panel definitivo. Si ninguno de los panelistas detecta diferencias significativas entre muestras en lo que respecta a una característica específica, se deberá brindar entrenamiento adicional. En el Apéndice 3 se describe en mayor detalle el procedimiento para monitorear el rendimiento de los panelistas durante la fase de entrenamiento.

El rendimiento de los panelistas puede monitorearse también durante el estudio sensorial, comparando juicios repetitivos. Esto garantiza que el rendimiento de los panelistas continúa siendo confiable y constante e indica en qué momento será necesario un adiestramiento adicional o más motivación para los panelistas.

3.6 MOTIVACION DE LOS PANELISTAS

Los panelistas que están interesados en la evaluación sensorial, en los productos que se evalúan y en los resultados del estudio, tendrán un rendimiento mejor que los panelistas que no están interesados. Es importante mantener el interés y la motivación de los panelistas a lo largo de todo el estudio, para garantizar y fomentar resultados óptimos.

Las deliberaciones diarias sobre su desempeño en la tarea del día anterior resulta muy estimulante para los panelistas, sobre todo durante la fase de entrenamiento. De no contarse con tiempo suficiente durante las sesiones del panel para examinar los resultados del día anterior, los datos podrían colocarse en un cartel en la pared, para que los panelistas consulten cuando lo estimen conveniente; sin embargo, es mejor que el encargado del panel discuta personalmente los resultados con los panelistas, ya sea individualmente o en grupo, ya que los panelistas pueden no ver el cartel o mal interpretar los resultados. Se debe señalar además, que al final de la sesión diaria del panel, a menudo se ofrece como recompensa un pequeño refrigerio (ejemplo, caramelos, chocolates, galletas, frutas, maníes, jugo, queso y galletas). Al final de una larga serie de pruebas, es recomendable ofrecer una recompensa más grande, como por ejemplo, una pequeña fiesta, un almuerzo o un pequeño regalo, como reconocimiento a la contribución de los panelistas al estudio.

Conducción de Pruebas Sensoriales

Las pruebas sensoriales producirán resultados confiables solamente si se ejerce un control experimental adecuado en todas las etapas de su proceso. Deberá prestarse mucha atención a la planificación y estandarización de todos los procedimientos, antes de iniciar la prueba. Asimismo, deberá prestarse particular atención a las técnicas empleadas en la toma de muestras de alimentos, en la preparación y presentación de éstas al panel y en el uso de muestras de referencia y muestras control. Estas técnicas se discuten en las siguientes secciones del manual.

4.1 TOMA DE MUESTRAS DE ALIMENTOS PARA PRUEBAS SENSORIALES

Todos los alimentos que se presentan a los panelistas para evaluación, deben ser, por supuesto, seguros para comer e inocuos para la salud. No se debe pedir a los panelistas que prueben o ingieran alimentos mohosos o alimentos que hayan recibido

tratamiento que puedan causar contaminación microbiológica o química. Si un alimento o uno de sus ingredientes de un alimento, ha sido tratado de manera que su ingestión pueda ser un riesgo, la prueba deberá limitarse a evaluar los atributos de olor y apariencia.

Al momento de tomar muestras de un lote de alimentos para realizar pruebas sensoriales, las muestras tomadas deberán ser representativas de todo el lote. Si las porciones que se sirven a los panelistas no son representativas de todo el lote, los resultados no serán válidos. En el caso de un producto como el frijol, el lote sometido a prueba deberá primero mezclarse bien, después dividirse en cuatro partes y por último tomar una muestra de cada parte. Deberá calcularse de antemano el tamaño de la muestra para la prueba, basándose en el número de porciones necesarias para el panel.

4.2 PREPARACION DE MUESTRAS PARA PRUEBAS SENSORIALES

Todas las muestras para comparaciones sensoriales deberán prepararse siguiendo un método estandarizado, para eliminar la posibilidad de los efectos de la preparación (salvo que el método de preparación sea una variable de interés). Los pasos, para la preparación deberán estandarizarse durante las pruebas preliminares y documentarse cuidadosamente antes de iniciar las pruebas sensoriales, para garantizar la uniformidad durante cada período del experimento. Por ejemplo, cuando el análisis sensorial requiera cocer y preparar diferentes tipos de frijol, se deberán controlar factores como el volumen de agua, tanto de remojo como de cocción para un peso determinado de frijol, tiempo de remojo, tamaño y dimensiones del recipiente de cocción, temperatura y

tiempo de cocción, tiempo de reposo antes de servirse y temperatura a que se sirven. En caso de que las muestras requieran diferentes tiempos de cocción, éstos se pueden escalonar, de manera que todas las muestras terminen su cocción al mismo tiempo; de otra forma, las variaciones en el tiempo de reposo podrían influir sobre la evaluación sensorial. La apariencia, sabor y textura de las muestras pueden verse alterados drásticamente si se les deja reposar durante un período prolongado.

4.3 PRESENTACION DE MUESTRAS PARA PRUEBAS SENSORIALES

Es necesario estandarizar los métodos de presentación de las muestras y es importante que cada panelista reciba una porción representativa de la muestra bajo prueba. Por ejemplo, las tortillas pueden cortarse en porciones de forma triangular, con tamaño uniforme, para que cada panelista reciba tanto parte del borde como del centro de la tortilla. Los productos fluidos deberán mezclarse mientras se están tomando las muestras, para obtener porciones de consistencia uniforme. Cuando se evalúa pan o alimentos horneados, podría resultar necesario eliminar la corteza de la orilla; cuando se evalúa carne, podría eliminarse la superficie exterior, de manera que cada panelista reciba una porción similar. Si no se elimina la corteza del pan, la muestra que reciba cada panelista deberá tener una corteza similar. Las porciones deberán ser del mismo tamaño, cuando los alimentos consistan en varios pedazos pequeños que pueden diferir entre sí, los panelistas deben recibir una porción suficientemente grande para que puedan evaluar varios pedazos para cada característica. Por ejemplo, cuando se hacen pruebas para evaluar la dureza de los frijoles, los panelistas deberían probar de 3 a 4 frijoles antes de anotar el puntaje

correspondiente a la dureza de la muestra. En términos generales, deberá servirse un mínimo de 30 g (1 onza) de un alimento sólido o 15 mL (0,5 onza) de un líquido (ASTM STP 434 1968).

Todas las muestras deberán presentarse a la misma temperatura, la cual deberá ser la temperatura a la que se consume habitualmente el alimento. La leche deberá servirse a la temperatura del refrigerador, pero el pan o las tortas, a la temperatura ambiente. Algunos alimentos requieren calentamiento para que se puedan apreciar sus olores o sabores característicos; en el caso de los aceites vegetales, su olor a menudo se evalúa después de equilibrarlos a 50°C.

Los panelistas podrían preferir evaluar algunos alimentos cuando se sirven con otro alimento vehículo o portador. Por ejemplo, en pruebas de margarina o manteca de maní, las galletas se pueden emplear como vehículo. Sin embargo, se debe señalar que el uso de vehículos puede presentar problemas, dado que los alimentos empleados como vehículo tienen sabor y textura característicos, que podrían interferir con la evaluación del alimento principal.

Los panelistas pueden tragar o escupir las muestras del alimento que evalúan; sin embargo, se debe tratar de que el panel desarrolle una técnica uniforme. Deberán proveerse vasos con tapadera para la expectoración.

A los panelistas se le ofrece a menudo agua a temperatura ambiente para que puedan enjuagarse la boca antes y entre las muestras; el agua de enjuague podrá lingerida o expulsada. Si el agua a temperatura ambiente no bastara para eliminar los sabores de

la boca entre las degustaciones, se puede recurrir a agua caliente, agua con limón, galletas de soda sin sal, pan blanco o tajadas de manzana; el agua tibia es muy útil sobre todo cuando se hacen pruebas con grasas o alimentos aceitosos. Si los productos que se están analizando tienen sabores fuertes, podría resultar necesario prolongar el tiempo entre la evaluación de cada muestra o limitar a dos o tres el número de muestras presentadas en cada sesión.

Excepto en el caso de que se evalúe el color, en las pruebas donde se quieran evaluar otras características, podría ser necesario encubrir las diferencias de color, ya que éstas pueden influir sobre los juicios de los panelistas. Para esto se puede utilizar luz roja, azul, verde o amarilla, dependiendo de cuál sea más apropiada para encubrir las diferencias entre muestras.

4.4. USO DE MUESTRAS DE REFERENCIA

En las pruebas sensoriales a menudo se emplean diferentes tipos de referencia, éstas pueden identificarse como: muestras de referencia, contra las cuales todas las demás muestras serán comparadas; muestras identificadas, empleadas para marcar los puntos de una escala de medición y muestras ocultas o ciegas, codificadas y presentadas a los panelistas junto con las muestras experimentales, son utilizadas para comprobar el rendimiento de los panelistas.

Cuando se hacen pruebas sensoriales durante varias semanas o meses o cuando las pruebas deben hacerse a intervalos muy espaciados, como es el caso al estudiar los efectos de almacenamiento, es prácticamente esencial utilizar una referencia

designada. Esta referencia puede seleccionarse de entre los alimentos reales o muestras que van a someterse a prueba o bien puede ser un alimento de tipo similar. Cuando se hace un estudio de almacenamiento, la referencia designada puede ser el control (una muestra almacenada en condiciones estandarizadas) o puede ser una muestra fresca. Si el objetivo de la investigación es producir una versión mejorada de un producto existente en el mercado, puede utilizarse como referencia el producto ya existente que se intenta mejorar. Cuando las pruebas son llevadas a cabo por un panel entrenado, éste debe evaluar la referencia antes de iniciar la prueba definitiva. Los puntajes que el panel haya acordado para cada característica a medir, se pueden marcar en la boleta a emplearse en el experimento. El proveer a los panelistas de una muestra de referencia en cada sesión, les ayudará a dar puntajes más consistentes a las muestras experimentales.

Las muestras de referencia utilizadas para marcar puntos o para calibrar una escala, a menudo reciben el nombre de estándares. Estas referencias pueden ser un alimento similar al que es objeto de la prueba u otro totalmente diferente. Cuando se evalúan varias características del producto, podrían ser necesarias muchas referencias (estándares). En el Apéndice 5 se dan ejemplos de alimentos de referencia utilizados para identificar los extremos de la escala para las características de dureza, tamaño de las partículas y dureza de la cáscara de frijol.

Referencias ocultas o controles ciegos como a veces se les llama, pueden servirse a los panelistas en algunas o todas las sesiones, para verificar la precisión de sus juicios. La referencia oculta debe ser lo más similar posible a las muestras sometidas a prueba, de manera que no sea posible identificarla inmediatamente. Esta muestra control deberá codificarse de la misma forma que las

muestras experimentales, empleando un código diferente cada vez que se presenta al panel. Si los puntajes asignados por uno o varios panelistas indican mucha variación, deberá darse entrenamiento adicional a esos panelistas o de lo contrario, será necesario excluir sus puntajes del conjunto de datos.

El uso de una referencia permitirá aumentar la uniformidad del panel, solamente si la referencia misma es constante. Si la referencia cambia, no servirá para el propósito deseado. Idealmente, deberá obtenerse una cantidad suficiente del producto de referencia, para que alcance para todo el experimento. Este producto deberá almacenarse de tal manera que sus cualidades sensoriales no varíen durante toda la prueba. Si se introduce una “nueva” referencia a la mitad del estudio o si cambia la calidad de la referencia, podría resultar imposible interpretar los resultados del experimento. Si el producto de referencia es un alimento que debe ser preparado fresco para cada sesión del panel, entonces los ingredientes y métodos de preparación deberán estar bien estandarizados antes de iniciar el experimento.

Reducción de Errores en las Respuestas del Panel

Durante las pruebas sensoriales, las respuestas de los panelistas pueden verse influidas por factores psicológicos. Si no se toma en cuenta la influencia de factores psicológicos tanto durante la planificación como durante la ejecución del experimento, el error introducido puede llevar a falsos resultados. Los factores psicológicos pueden ser responsables de varios tipos de error; en las siguientes secciones se analizan los errores que son resultado de las expectativas de los panelistas, de las posiciones de las muestras y de los efectos de estímulo y contraste.

5.1 ERRORES DE EXPECTACION

Los errores de expectación pueden ocurrir cuando los panelistas reciben demasiada información sobre la naturaleza del experimento o sobre los tipos de muestras, antes de iniciar las pruebas. Si los

panelistas suponen que debe haber ciertas diferencias entre las muestras, tratarán de encontrar dichas diferencias. Los panelistas deben recibir solamente la información que necesiten para realizar su trabajo y durante el transcurso del experimento se les debe recomendar que no discutan sus impresiones entre sí. Se debe evitar que participen en el panel las personas que dirigen el experimento o que tengan conocimientos que les hagan esperar resultados determinados.

Los panelistas pueden tener otras expectativas acerca de las muestras utilizadas en las pruebas. Por ejemplo, podrían suponer que una muestra codificada como “A”, es mejor que una muestra que tiene el código “F” o que una muestra codificada con el número 1, tenga más de una característica que una muestra codificada con un 5. Para evitar estos errores de expectacion, cada muestra deberá codificarse empleando un número aleatorio de tres dígitos (ejemplo, 374 ó 902). Los códigos de tres dígitos no influyen sobre los juicios de los panelistas de la misma manera que los códigos a base de números de un dígito o letras. Las tablas de números aleatorios, tales como la Tabla 7.1 del Apéndice 7, son útiles para seleccionar números al azar. A partir de cualquier punto de la tabla, comenzando en un lugar diferente cada vez y moviéndose en dirección diferente, por columna o fila, se puede seleccionar números de tres dígitos.

5.2 ERRORES POR POSICION

La manera en que se colocan u ordenan las muestras para la evaluación, puede influir sobre los juicios de los panelistas. Por ejemplo, cuando se presentan dos muestras, a menudo ocurre que la primera muestra evaluada resulta preferida o recibe un puntaje

mayor que la segunda. Si el orden de presentación de las muestras es al azar, de manera que las muestras se presenten en diferentes posiciones a cada panelista, se pueden reducir al mínimo los errores por posición.

5.3 ERRORES POR ESTIMULO

Los errores por estímulo ocurren cuando los panelistas se ven influidos por diferencias no consideradas entre las muestras, tales como las diferencias de tamaño, forma o color en las muestras de alimentos presentadas. Por ejemplo, la mayor intensidad del color puede llevar a los panelistas a conceder un puntaje superior a un alimento en lo que respecta a la intensidad del sabor, incluso cuando estas características no guardan relación. Para reducir al mínimo los errores de estímulo, las muestras presentadas deberán ser lo más similares posible, en lo que respecta a todas las características, excepto en la(s) característica(s) que se evalúa(n). Las diferencias de color pueden ser encubiertas, como se mencionó anteriormente, utilizando luces de colores en las cabinas; de otra forma, pueden emplearse anteojos oscuros o vendas, si se considera apropiado. La evaluación de cada característica por separado, para todas las muestras, también reducirá el error debido a la asociación de características. Cuando se evalúa el color, la textura y el sabor de tres muestras de pudín, se podrá reducir el error de estímulo si se comienza evaluando el color de las tres muestras, a continuación la textura de las muestras y por último, su sabor, en vez de evaluar el color, la textura y el sabor de cada una de las muestras una tras otra.

5.4 ERRORES POR CONTRASTE

Los efectos de contraste entre muestras pueden también afectar los resultados de las pruebas. Los panelistas que evalúan una muestra agradable antes de evaluar una muestra desagradable, podrían dar a la segunda muestra un puntaje inferior al que ésta habría recibido si los panelistas hubieran evaluado una muestra menos agradable anteriormente. De modo similar, al evaluar una muestra desagradable inmediatamente antes de una muestra agradable podría dar lugar a que se aumenten los puntos dados a una muestra agradable. Cuando los panelistas evalúan una muestra de sabor de mediana intensidad después de una con sabor intenso, la respuesta se verá influenciada por el contraste entre las dos muestras. Si todos los panelistas reciben muestras en el mismo orden, los efectos de contraste pueden tener una marcada influencia en los datos del panel. Los efectos de contraste no se pueden eliminar durante la prueba sensorial, pero si cada panelista recibe muestras en distinto orden, los efectos de contraste se pueden balancear para todo el panel. Las muestras se pueden presentar al azar para cada panelista o bien se pueden presentar las muestras en todas las secuencias posibles. Por ejemplo, cuando se presentan cuatro muestras a cada panelista a un mismo tiempo, se pueden arreglar 24 combinaciones de las cuatro muestras. Para asegurar que cada panelista evalúe las muestras en el orden seleccionado en que se le presentan, se deben escribir códigos numéricos en la secuencia adecuada en la boleta y se debe instruir al panelista que evalúe las muestras en el orden indicado en la boleta. Si es posible, las muestras codificadas en la bandeja se deberán también presentar a cada panelista en el orden apropiado de modo que la evaluación se pueda hacer de izquierda a derecha.

Recolección y Análisis de Datos Sensoriales

Los datos de las pruebas sensoriales pueden presentarse en forma de frecuencias, ordenamiento por rangos o datos numéricos cuantitativos. La forma de los datos depende del tipo de escala de medición utilizada para la prueba sensorial. Para el análisis estadístico de los datos, deben emplearse métodos apropiados para los datos de frecuencia, de ordenamiento o cuantitativos. En la siguiente sección se describen brevemente los tipos de escalas y métodos estadísticos apropiados para el análisis de los datos obtenidos.

6.1 ESCALAS DE MEDICION

Las escalas de medición se utilizan para cuantificar la información de las pruebas sensoriales. Existen diferentes tipos de escalas: nominal, ordinal, de intervalo y racional. Dado que el tipo de análisis estadístico que se llevará a cabo se ve afectado por el tipo de escala seleccionado, la escala de medición deberá

seleccionarse sólo después de haber analizado cuidadosamente los objetivos del estudio.

6.1.1 Escalas Nominales

Las escalas nominales son el tipo más sencillo de escala. En este tipo de escala, los números no tienen valor numérico real ya que se emplean para designar o nombrar categorías. Por ejemplo, para identificar características olfativas de salsas de tomate, los panelistas pueden utilizar una escala nominal en que el número 1 = a fruta, el 2 = dulce, el 3 = picante y el 4 = acre. Los panelistas escriben el número correspondiente a cada característica de olor presente en cada muestra y el encargado del panel tabula la frecuencia en que aparecen las diferentes características para cada muestra. Luego, los productos se comparan observando la frecuencia de cada característica de olor en cada muestra.

En una escala nominal es posible utilizar nombres solamente, en vez de números que representen a los nombres. Se puede dar nombre a las clasificaciones o categorías y las frecuencias en cada clasificación pueden tabularse y compararse. Las muestras de alimentos pueden clasificarse como aceptables o no aceptables y se puede comparar el número de panelistas que juzga la muestra como no aceptable en relación al número de panelistas que la considera aceptable.

6.1.2 Escalas Ordinales

En las escalas ordinales, los números representan posiciones. Las muestras se ordenan de acuerdo a magnitud. El orden no indica el tamaño de la diferencia entre muestras. Las escalas ordinales se

utilizan tanto en las pruebas orientadas al consumidor como en las orientadas al producto. En los paneles de consumidores, las muestras se ordenan en base a su preferencia o aceptabilidad. Por ejemplo, los bizcochos horneados con tres fórmulas diferentes, pueden ser ordenados en base a preferencia, asignando el número 1 al que más se prefiere y el número 3 al menos preferido. En las pruebas orientadas al producto, el ordenamiento se basa en las intensidades de una característica específica del producto. Por ejemplo, una serie de cinco muestras de sopa de pollo podría ordenarse atendiendo a su contenido de sal, asignando el número 1 a la sopa más salada y el 5 a la menos salada.

6.1.3 Escalas de Intervalo

Las escalas de intervalo permiten ordenar muestras, de acuerdo a la magnitud de una sola característica del producto o de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia. Las escalas de intervalo permiten indicar el grado de diferencia entre muestras; por ejemplo, utilizando una escala de intervalos para evaluar sopas de pollo, no sólo se puede identificar la muestra más salada, sino que también se sabe el número de intervalos que separan la sopa más salada de la menos salada. Para poder medir el grado de diferencia entre muestras, la magnitud de los intervalos de la escala debe ser constante.

La escala de categorías y la escala lineal (Figura 7), son dos tipos de escalas sensoriales utilizadas comúnmente como escalas de intervalos. La escala de categorías está dividida en intervalos o categorías de idénticas magnitudes. Las categorías se identifican con términos descriptivos y/o números. En las escalas se pueden identificar todas las categorías, o solamente algunas de ellas, como los extremos y/o punto medio de la escala. Aunque el número total

a) Escala de categorías de 5 puntos para la intensidad de una característica

CODIGO

_____	trazas
_____	ligeramente intenso
_____	moderadamente intenso
_____	muy intenso
_____	extremadamente intenso

b) Escala lineal para la intensidad de una característica



c) Escala de caras para el grado de aceptabilidad

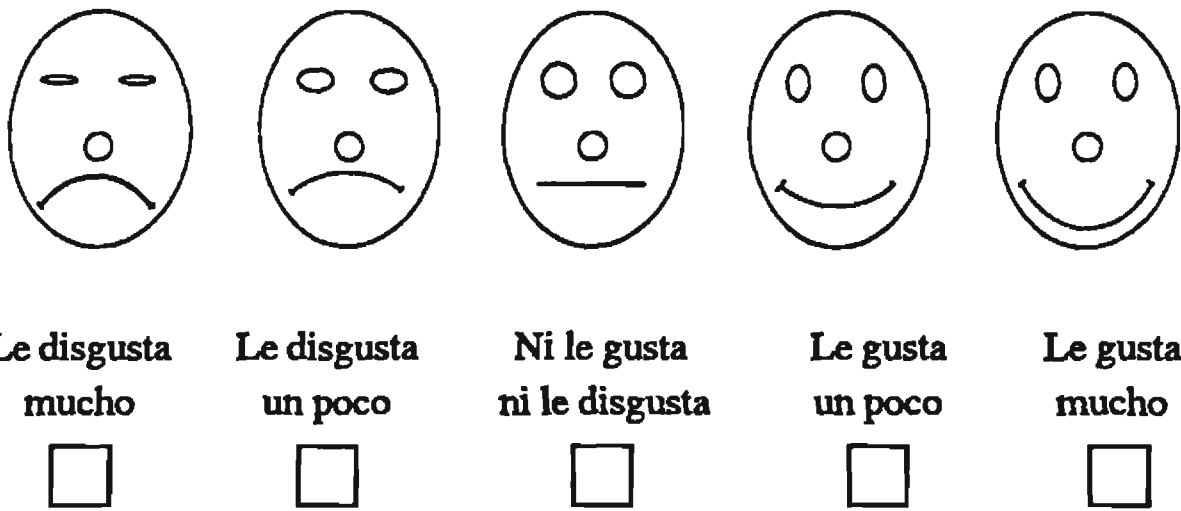


Figura 7. Ejemplos de escalas sensoriales empleadas corrientemente.

de categorías puede variar, por lo general se utilizan de 5 a 9. Los dibujos o diagramas ilustrativos de las categorías de la escala son sumamente útiles si los panelistas tienen dificultad para leer o comprender el idioma de la escala (Figura 7). Escalas lineales en las que se han identificado los extremos y el punto medio, son utilizadas frecuentemente para cuantificar características. Aunque la extensión de la escala lineal varía, por lo general se adopta una longitud de 15 cm. Los panelistas podrían no siempre utilizar las escalas de categoría o lineal como escalas de intervalos constantes, esto ocurre sobre todo con paneles de consumidores no expertos. Cuando se tengan dudas sobre la igualdad de los intervalos de la escala, los puntajes de los panelistas deben ser convertidos en rangos y las escalas de categoría o lineales deben considerarse escalas ordinales; sin embargo, los ejemplos que se dan en este manual se basan en el supuesto de que existen intervalos de iguales dimensiones entre las categorías y a lo largo de las escalas lineales por lo que ambos tipos de escalas se considerarán y analizarán como escalas de intervalo.

Las escalas de intervalo se emplean tanto en las pruebas orientadas al consumidor como en las orientadas al producto. En las pruebas orientadas al consumidor se registra el grado de satisfacción, el nivel de preferencia o la aceptabilidad de los productos. En las pruebas orientadas a los productos, se registra la intensidad de los atributos del producto.

6.1.4 Escalas Racionales

Las escalas racionales son similares a las escalas de intervalo, excepto que en las de razón, existe un verdadero punto cero. En una escala de intervalo, el valor cero escogido arbitrariamente no indica necesariamente la ausencia de la característica que se mide. En una

escala racional, el punto cero indica la ausencia completa de la característica. Si se emplea una escala de este tipo para medir las cinco muestras de sopa de pollo, el número de intervalos que separan las muestras en lo que respecta al contenido de sal indicaría cuántas veces más salada es una muestra que la otra. En una escala de razón, si dos de las muestras A y B reciben puntajes de 3 y 6 respectivamente, en lo que respecta a intensidad de sabor salado, la muestra B sería dos veces más salada que la muestra A. Este tipo de escala raramente se utiliza en pruebas orientadas al consumidor, ya que para poder emplearla adecuadamente se requiere entrenamiento.

6.2 ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados sensoriales se analizan estadísticamente para que el experimentador puede hacer inferencias u obtener conclusiones acerca de las poblaciones de personas o de alimentos, en base a una muestra obtenida en esas poblaciones. Antes de iniciar el experimento, se pueden hacer suposiciones acerca de las poblaciones y de los resultados que se espera obtener con el experimento. Estos supuestos reciben el nombre de hipótesis y pueden adoptar dos formas. El supuesto de que no existe diferencia entre dos muestras o entre varias muestras, se conoce como hipótesis nula. Esta es la hipótesis estadística que se acepta o rechaza en base al análisis estadístico de los resultados experimentales. El otro supuesto consiste en asumir que existen diferencias entre las muestras; ésta se conoce como hipótesis alterna, llamada también hipótesis de investigación. Por ejemplo, en un experimento para determinar si los frijoles se ablandan más al añadir sal al agua en que se cocinan, la hipótesis nula sería que el añadir sal no influye en la suavidad de

los frijoles cocinados. La hipótesis alterna (o de investigación), podría afirmar que los frijoles cocinados con sal son más suaves que los cocinados sin sal. Utilizando la prueba estadística apropiada, es posible determinar si la hipótesis nula debe aceptarse o rechazarse. Si se acepta, la conclusión es que de acuerdo a esta prueba, no existe diferencia en lo que respecta a la suavidad de los frijoles cocinados con cualquiera de los dos métodos. Si se rechaza, la conclusión es que los frijoles cocinados con sal son probablemente más suaves.

Los resultados de las pruebas estadísticas se expresan indicando la probabilidad de que un resultado específico pueda ocurrir por casualidad y no sea una diferencia real. Si un resultado ocurre por casualidad 5 de cada 100 veces, se dice que la probabilidad es de 0,05. Por lo general, un resultado estadístico se considera significativo solamente si tiene una probabilidad de 0,05 o menos. Con este nivel de probabilidad, la hipótesis nula se rechazaría 5 de cada 100 veces, cuando en realidad debería ser aceptada. Cuando se afirma que una diferencia es significativa al nivel de 5% (probabilidad de 0,05), lo que se quiere decir es que en 95 de cada 100 casos, existe una diferencia real.

El nivel de significancia a adoptar en una prueba sensorial debe determinarse antes de iniciar la prueba, a fin de que la decisión no se vea influida por los resultados de la prueba. Por lo general se utilizan los niveles de 0,05 y de 0,01. Con el nivel de significancia de 0,05, resulta más fácil detectar una diferencia, si ésta realmente existe (hay más probabilidades de que la diferencia identificada se deba a la casualidad).

Si en las pruebas orientadas al consumidor se toma una muestra aleatoria del grupo o población para formar el panel de consumidores, entonces sí, se podrán hacer inferencias relacionadas con ese grupo, que pueden ser los posibles usuarios de un producto.

En las pruebas orientadas al producto, los panelistas no se seleccionan al azar, por tanto no es posible hacer inferencias sobre una población específica de consumidores; sin embargo, se pueden hacer inferencias acerca de las características de la población de alimentos que se analiza. En ambos tipos de pruebas, las muestras de alimentos deben seleccionarse al azar entre los lotes de producción del alimento que interesa, si es que se desea inferir resultados válidos para todo el producto. Cuando las muestras de estudio no se han tomado en forma aleatoria, se debe tener cuidado al momento de generalizar las conclusiones de la prueba a un grupo de población más grande.

El muestreo aleatorio de una población requiere que todas las unidades de la población tengan la misma oportunidad de ser seleccionadas. Resulta muy difícil obtener un verdadero muestreo aleatorio de un alimento, sin embargo, es importante que las muestras empleadas en la prueba sean lo más representativas posibles del lote original del alimento.

En la etapa inicial se debe obtener un lote de muestra suficientemente grande, para utilizarse en todas las fases del estudio. De este lote inicial, submuestras deberán asignarse al azar, para cada tratamiento experimental, repetición o bloque. En cada etapa del proceso, las submuestras o porciones deberán ser escogidas al azar.

6.3 PRUEBAS ESTADISTICAS

Las pruebas estadísticas se emplean para analizar los datos obtenidos en los estudios sensoriales. El análisis estadístico persigue los siguientes objetivos:

- 1) comprobar hipótesis;
- 2) determinar si existen diferencias entre las muestras, tratamientos o poblaciones y si estas diferencias dependen a su vez de otras variables o parámetros;
- 3) verificar la consistencia de los panelistas entrenados, tanto durante la fase de capacitación como durante el estudio mismo.

6.3.1 Pruebas Estadísticas para Datos Sensoriales

Los datos de las escalas nominales y ordinales se analizan empleando análisis estadísticos no paramétricos, mientras que los datos de las escalas de intervalo y racionales, se analizan empleando pruebas estadísticas paramétricas. Los métodos no paramétricos permiten un grado de discriminación menor que los métodos paramétricos, pero no requieren que los datos tengan una distribución normal e independiente, como ocurre con las pruebas paramétricas. Las pruebas paramétricas requieren escalas que tengan intervalos o categorías constantes, tanto psicológicamente como en magnitud; de lo contrario, las categorías deberán considerarse datos nominales y analizarse utilizando métodos no paramétricos. El uso de pruebas paramétricas en lugar de pruebas no paramétricas, para el análisis de datos en escalas de categorías, ha sido objeto de

discusión en muchos libros y artículos (O'Mahony 1986, 1982; McPherson y Randall 1985; Powers 1984; Gacula y Singh 1984; Daget 1977).

Por lo general, los datos sensoriales nominales se analizan mediante pruebas binomiales o de Ji-cuadrado. Los datos sensoriales de tipo ordinal o de posiciones, generalmente se analizan con las pruebas de Kramer o de Friedman; sin embargo, recientemente se ha visto que la prueba de Kramer no resulta apropiada (Basker 1988; Joanes 1985) por lo que no es recomendable. La prueba paramétrica más frecuente para los datos sensoriales expresados en escala de intervalos o escalas racionales es el análisis de varianza (ANOVA).

Pruebas de comparación múltiple de medias, se utilizan para identificar muestras que difieren entre sí, una vez que se ha confirmado la presencia de diferencias estadísticas mediante análisis de varianza. Muchas pruebas de comparación múltiple, tales como la Nueva Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, la Prueba de Tukey, la Prueba de la Menor Diferencia Significativa (MDS) y la Prueba de Scheffe, están disponibles. De éstas, la prueba de MDS es la más poderosa y liberal, seguida de las pruebas de Duncan, Tukey y Scheffe. Por ello, el uso de la prueba MDS hará más probable que se encuentren diferencias significativas entre dos muestras; sin embargo, ésta también puede identificar diferencias que en realidad no existen. La prueba de Scheffe, por otra parte, es bastante cautelosa o conservadora y puede no encontrar diferencias cuando éstas en realidad existen. Las pruebas de Duncan y Tukey son utilizadas frecuentemente para datos sensoriales ya que no son consideradas ni muy liberales ni muy conservadoras.

Las técnicas de análisis de multivarianza pueden ser utilizadas cuando se investigan relaciones entre un número de diferentes mediciones o pruebas. Análisis de Regresión y Correlación, Análisis Discriminante, Análisis Factorial y Análisis de Componentes Principales, son tipos de análisis de multivarianza utilizados frecuentemente en estudios sensoriales. Estos análisis requieren tratamiento estadístico más sofisticado y no serán discutidos en este manual. Para información más detallada en el uso de las técnicas de multivarianza para datos sensoriales, revisar O'Mahony (1986), Gacula and Singh (1984), Piggott (1984), Powers (1984, 1981), Moskowitz (1983), Ennis et al. (1982) y Stungis (1976).

Calculadoras programables pueden ser utilizadas para analizar pequeños grupos de datos, utilizando las pruebas sensoriales ilustradas en este manual. Programas o paquetes estadísticos computarizados son necesarios para llevar a cabo análisis estadísticos más complicados.

6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los diseños experimentales son planes, arreglos o una secuencia de pasos para organizar, llevar a cabo y analizar los resultados de un experimento. Un diseño experimental apropiado y eficiente debe ser escogido para asegurar la confiabilidad de los datos y resultados de la prueba. El diseño es seleccionado en base a los objetivos del estudio, los procedimientos y las condiciones de prueba, los recursos disponibles y el tipo de prueba estadística a ser utilizado. Hay muchos tipos de diseños experimentales, desde los diseños simples completamente aleatorios, hasta los más complicados diseños factoriales fraccionados. Buenos textos de estadística y un

profesional en el área, deben ser consultados para recomendar el más simple y más eficiente diseño, para cumplir con los objetivos específicos del estudio.

Características importantes de un buen diseño experimental son, aleatorización, bloques y repeticiones. Estos conceptos son discutidos en las siguientes secciones.

6.4.1 Aleatorización

La aleatorización es introducida en un diseño experimental para minimizar los efectos de fuentes incontrolables de variación o error y para eliminar sesgo. La aleatorización es el procedimiento de ordenar unidades o muestras, de tal manera que cada unidad tenga la misma oportunidad de ser escogida en cada etapa del proceso de ordenación. Por ejemplo, para aleatorizar la asignación de diferentes tratamientos de cocción a muestras de alimentos, una muestra es escogida para ser cocinada por el método 1, pero todas las otras muestras tienen la misma oportunidad de ser cocidas por ese mismo método. Tablas de números aleatorios (Apéndice 7, Tabla 7.1) son utilizadas para aleatorización, de la misma manera que fue descrita para escoger números aleatorios de tres dígitos (Sección 5.1).

6.4.2 Agrupamiento en Bloques

En muchos diseños experimentales se introduce agrupamiento por bloques para controlar efectos de fuentes de variación conocidas y para mejorar eficiencia. Ejemplos de bloques serían, localidad de cultivo, efectos de días, panelistas, repeticiones y órdenes de presentación de muestras; es decir, todo aquello que sea

una fuente de error conocida en el experimento. Las unidades experimentales se agrupan en bloques, la variación entre unidades dentro de un bloque es probablemente menor que la variación entre bloques. El agrupamiento por bloques permite una medición más exacta del error puro o experimental, ya que permite tomar en cuenta la varianza debida a los factores incluidos en el bloque, separándola de las fuentes no controlables de error experimental. Por ejemplo, los panelistas sensoriales siendo seres humanos, son a menudo una fuente de variabilidad conocida en los experimentos sensoriales. Agrupando en un bloque a los panelistas durante el diseño experimental y el análisis de datos, la variación debida a los panelistas se puede separar del error experimental. En ese caso, el término de error utilizado para determinar si existen diferencias significativas entre las muestras, será un índice más seguro de error puro.

6.4.3 Repeticiones

La repetición de un experimento supone el reproducir el experimento, bajo condiciones idénticas. La repetición proporciona un estimado del error experimental y aumenta la confiabilidad y validez de los resultados de la prueba. La repetición permite determinar la constancia, tanto del panel como de cada panelista. El número de repeticiones de un experimento varía y a menudo está determinado por las limitaciones de tiempo, costo y selección de muestras; por lo general, mientras mayor sea el número de repeticiones, mejor será el estimado del error experimental y más confiables los resultados de la prueba.

Pruebas Sensoriales: Descripciones y Aplicaciones

Las pruebas sensoriales pueden describirse o clasificarse de diferentes formas. Los expertos en estadística las clasifican en pruebas paramétricas y no-paramétricas, de acuerdo al tipo de datos obtenidos con la prueba. Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentos clasifican las pruebas en afectivas (orientadas al consumidor) y analíticas (orientadas al producto), en base al objetivo de la prueba. Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios se conocen como “pruebas orientadas al consumidor”. Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales se conocen como “pruebas orientadas al producto”.

7.1 PRUEBAS ORIENTADAS AL CONSUMIDOR

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad. En esta sección se describen las pruebas de preferencia, de aceptabilidad y hedónicas utilizando como ejemplos una prueba de preferencia pareada, una escala de aceptabilidad por ordenamiento y una escala hedónica de 9 puntos.

7.1.1 Pruebas de Preferencia

Las pruebas de preferencia le permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia. La prueba de preferencia más sencilla es la prueba de preferencia pareada; las pruebas de ordenamiento y de categorías también se utilizan frecuentemente para determinar preferencia.

Instrucciones Generales para Llevar a Cabo una Prueba de Preferencia Pareada

Descripción de la tarea de los panelistas: En esta prueba se les pregunta a los panelistas cuál de las dos muestras codificadas prefieren. Se les pide que seleccionen una, incluso si ambas muestras les parecen idénticas. La opción de incluir una posibilidad

de “no prefiero ninguna” o “las dos me desagradan igual”, ha sido discutida por Stone y Sidel (1985). El uso de esta opción no se recomienda para paneles de menos de 50 miembros ya que, reduce el poder estadístico de la prueba pues se hace necesaria una mayor diferencia en las preferencias, para poder obtener significancia estadística.

Presentación de las muestras: Las dos muestras (A y B) se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. Existen dos posibles órdenes de presentación de las muestras: primero A y luego B (AB) o primero B y luego A (BA). Las muestras deben presentarse en ambos órdenes el mismo número de veces. Si el panel estuviera integrado por 20 jueces, 10 deberían recibir la muestra A primero y los otros 10 la muestra B primero. Con paneles muy numerosos, el orden de cada panelista puede seleccionarse al azar. Ya que hay 50% de posibilidades de que cada panelista reciba primero la muestra A o la muestra B, ambos órdenes deben presentarse a un número de panelistas aproximadamente igual.

Las muestras se presentan simultáneamente en el orden seleccionado para cada panelista, de manera que los panelistas puedan evaluar las muestras de izquierda a derecha. En esta prueba se permite saborear (probar) la muestra varias veces, si es necesario. En la Figura 8 aparece un ejemplo de boleta para una prueba de preferencia pareada. El orden en que los panelistas evaluarán las muestras debe indicarse en la boleta.

Análisis de datos: Los resultados se analizan utilizando una prueba binomial de dos extremos. La prueba de dos extremos es apropiada pues se puede escoger cualquiera de las dos muestras, ya que la dirección de la preferencia no puede determinarse de

antemano. Para el análisis, se suma el número de panelistas que prefieren cada muestra y se determina la significancia de los totales, empleando la Tabla 7.2 (Apéndice 7). En esta tabla, X representa el número total de panelistas que prefieren una muestra y n representa el número total de panelistas que participan en la prueba. La tabla contiene tres probabilidades decimales para ciertas combinaciones de X y n . Para ahorrar espacio, el punto decimal ha sido omitido en la tabla, por lo que una cifra como 625 significa en realidad 0,625. Por ejemplo, si 17 de cada 25 panelistas prefieren la muestra A, de acuerdo a la Tabla 7.2, la probabilidad ($X = 17, n = 25$) sería de 0,108. Debido a que usualmente es necesaria una probabilidad de 0,05 o menos, para que el resultado se pueda considerar significativo, la conclusión sería que la muestra A no fue significativamente más preferida que la muestra B. Si 19 de los 25 panelistas hubieran indicado su preferencia por la muestra A, la probabilidad habría sido 0,015, lo que habría demostrado una preferencia significativa por la muestra A.

La prueba de preferencia pareada no permite conocer el grado de preferencia de la muestra escogida, ni el grado de diferencia en lo que respecta a la preferencia entre las muestras.

***Ejemplo de una prueba de preferencia pareada
utilizada por un panel interno de consumidores,
para determinar la preferencia de frijoles en puré***

Purés con dos variedades de frijol negro fueron preparados, la variedad A (631) y la variedad B (228). Se utilizó una prueba de preferencia pareada para determinar si se prefería un puré de frijol sobre el otro.

Se seleccionaron 40 panelistas no entrenados para integrar un panel interno. Las dos muestras se presentaron simultáneamente, cada panelista evaluó las dos muestras solamente una vez. Veinte panelistas recibieron primero la muestra A (631) y los otros veinte recibieron primero la B (228). En la Figura 8 aparece la boleta utilizada cuando la muestra A se presentó primero.

Nombre: _____

Fecha: _____

Pruebe las dos muestras de puré de frijol que tiene enfrente, empezando con la muestra de la izquierda. Haga un círculo al número de la muestra que prefiere. Usted debe escoger una muestra, aunque no esté seguro.

631

228

Figura 8. Boleta para la prueba de preferencia pareada en puré de frijol.

Se obtuvo el total del número de panelistas que prefirieron cada muestra. Treinta de los cuarenta panelistas prefirieron la muestra B. Utilizando la Tabla 7.2 (Apéndice 7), con los valores $X = 30$ y $n = 40$, se encontró que la probabilidad es de 0,002; por lo tanto, este resultado fue estadísticamente significativo, llegándose a la conclusión de que el panel interno prefería el puré de frijol B sobre el puré de frijol A.

7.1.2 Pruebas de Aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo).

Instrucciones Generales para Conducir una Prueba de Aceptabilidad por Ordenamiento

Descripción de la tarea de los panelistas: En esta prueba se les pide a los panelistas que ordenen las muestras codificadas, en base a su aceptabilidad, desde la menos aceptada hasta la más aceptada. Usualmente, no se permite la ubicación de dos muestras en la misma posición.

Presentación de las muestras: Tres o más muestras son presentadas en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos. Cada muestra recibe un número diferente. Todas las muestras se presentan simultáneamente a cada panelista, en un orden balanceado o en un orden aleatorio. El saborear las muestras más de una vez sí es permitido en esta prueba. En la Figura 9 se presenta un ejemplo de boleta de la prueba de ordenamiento para aceptabilidad.

Análisis de los datos: Para el análisis de los datos, se suma el total de los valores de posición asignados a cada muestra; a continuación, se determinan las diferencias significativas entre

Nombre: _____

Fecha: _____

Pruebe cada una de las muestras de frijol negro en el orden indicado a continuación. Asigne el valor 1 a la que tenga la textura más aceptable; el 2 a la que le siga; y el 3 a la que tenga la textura menos aceptable. Evite asignar el mismo rango a dos muestras.

Código	Rango asignado
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Figura 9. Boleta para la prueba de aceptabilidad de la textura del frijol.

muestras comparando los totales de los valores de posición de todos los posibles pares de muestras utilizando la prueba de Friedman.

En las Tablas 7.3 y 7.4 (Apéndice 7) se presentan tablas ampliadas para esta prueba, para 3-100 panelistas y 3-12 muestras (Newell y MacFarlane 1987). Las diferencias entre todos los posibles pares se comparan con el valor crítico de la tabla, en base a un nivel de significancia determinado (5% en la Tabla 7.3; 1% en la Tabla 7.4) y al número de panelistas y muestras empleadas en la

prueba. Si la diferencia entre los pares totales de valores de posición es superior al valor crítico de la tabla, se concluye que el par de muestras es significativamente diferente al nivel de significancia seleccionado.

Ejemplo de una prueba de ordenamiento utilizada por un panel interno de consumidores, para determinar la aceptabilidad de la textura de frijol

Se prepararon muestras de frijol cocido, utilizando tres variedades de frijol negro. Se utilizó una prueba de ordenamiento por rangos para obtener una indicación de la muestra con la textura más aceptable.

Treinta panelistas no entrenados, fueron seleccionados de entre el personal de la institución (panel interno). Todos los tratamientos se presentaron simultáneamente a cada uno de los panelistas, quienes evaluaron las muestras una sola vez. Había 6 posibilidades para servir las tres muestras, como se indica en la Tabla 4 (Sección 7.2.1). Debido a que había 30 panelistas, el orden de presentación de las muestras se balanceó, de manera que cinco panelistas recibieran las muestras en cada uno de los seis posibles órdenes de presentación. En la Figura 9 se muestra la boleta utilizada en la prueba de ordenamiento por aceptabilidad. A los panelistas se les pidió ordenar las muestras de acuerdo a su aceptabilidad, y evitar clasificar dos muestras en la misma posición, debiendo dar un valor diferente a cada muestra, incluso si les parecía similar. Se asignó un valor de 1 a la muestra más aceptable, un valor de 2 a la muestra que le seguía en grado de aceptabilidad y un valor de 3 a la que tenía la textura menos aceptable. Los valores de ordenamiento

datos a cada muestra por los 30 panelistas fueron tabulados como se muestra en la Tabla 1.

Las diferencias entre el total de pares fueron:

$$C - A = 76 - 33 = 43$$

$$C - B = 76 - 71 = 5$$

$$B - A = 71 - 33 = 38$$

Según la Tabla 7.3, con 30 panelistas y tres muestras, el valor crítico tabulado para $p = 0,05$ es de 19. Por lo tanto, la textura de las muestras de frijol cocido A y C fueron significativamente diferentes; asimismo, las texturas de las muestras A y B fueron significativamente diferentes.

El panel interno consideró que la textura cocida de las variedades de frijol negro B y C eran menos aceptables que la textura del frijol cocido de variedad A. No hubo diferencia en lo que respecta a la aceptabilidad de las variedades B y C.

7.1.3 Pruebas Hedónicas

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los

Tabla 1.
Datos de ordenamiento tabulados prueba de aceptabilidad.¹

Panelista	Variedades de frijol negro		
	A	B	C
1	1	2	3
2	1	3	2
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	3	2
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	3	2
9	1	2	3
10	2	1	3
11	1	3	2
12	1	3	2
13	1	3	2
14	1	2	3
15	1	3	2
16	1	2	3
17	1	3	2
18	1	2	3
19	1	2	3
20	1	3	2
21	1	3	2
22	1	2	3
23	1	2	3
24	1	3	2
25	1	3	2
26	2	1	3
27	1	2	3
28	1	3	2
29	1	3	2
30	2	1	3
Total des rangos	33	71	76

¹ Rango superior = 1 = textura más aceptable; 3 = textura menos aceptable.

panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada.

Instrucciones Generales para Realizar una Prueba Hedónica Utilizando una Escala de Nueve Puntos

Descripción de la tarea de los panelistas: A los panelistas se les pide evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando cuanto les agrada cada muestra, en una escala de 9 puntos. Para ello los panelistas marcan una categoría en la escala, que va desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo”. En esta escala es permitido asignar la misma categoría a más de una muestra.

Presentación de las muestras: Las muestras se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. Cada muestra deberá tener un código diferente. El orden de presentación de las muestras puede ser aleatorizado para cada panelista o de ser posible, balanceado. En un orden de presentación balanceado, cada muestra se sirve en cada una de las posibles posiciones que puede ocupar (primera, segunda, tercera, etc.) un número igual de veces. Una buena discusión de órdenes de presentación con ejemplos de diseños balanceados para 3, 4, 5 y 12 muestras, es presentado por Stone y Sidel (1985). En la Tabla 4 (Sección 7.2.1) se observa un orden de presentación balanceado para tres muestras. Las muestras se pueden presentar todas al mismo tiempo o una a una; la presentación simultánea de las muestras es preferible ya que, es más fácil de administrar y le permite a los panelistas volver a evaluar las muestras si así lo desean y además, hacer comparaciones entre las muestras. En la Figura 10 se da un ejemplo de boleta para prueba hedónica.

Análisis de los datos: Para el análisis de los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos del 1 al 9, donde 1 representa “disgusta muchísimo” y 9 representa “gusta muchísimo”. Los puntajes numéricos para cada muestra, se tabulan y analizan utilizando análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. En el análisis de varianza (ANOVA), la varianza total se divide en varianza asignada a diferentes fuentes específicas. La varianza de las medias entre muestras se compara con la varianza de dentro de la muestra (llamada también error experimental aleatorio).¹ Si las muestras no son diferentes, la varianza de las medias entre muestras será similar al error experimental. La varianza correspondiente a los panelistas o a otros efectos de agrupación en bloque, puede también compararse con el error experimental aleatorio.

La medida de la varianza total para la prueba es la suma total de los cuadrados $SC(T)$. La varianza medida entre las medias de las muestras es la suma de los cuadrados de los tratamientos o $SC(Tr)$. La medida de la varianza entre las medias de panelistas es la suma de los cuadrados de los panelistas $SC(P)$. La suma de los cuadrados del error $SC(E)$, es la medida de la varianza debida al error experimental o aleatorio. Los cuadrados medios (CM) para el tratamiento, los panelistas y el error, se calculan dividiendo cada SC entre sus respectivos grados de libertad (gl). Luego se calculan las razones entre $CM(Tr)$ y $CM(E)$ y entre $CM(P)$ y $CM(E)$. Estas razones se conocen como valores F o F estadística. Los valores F calculados se comparan con los valores F de las tablas (Tablas 7.5 y

¹ Dado que la varianza total dentro de las muestras es resultado de combinar las varianzas individuales de dentro de las muestras, un supuesto necesario es que las varianzas verdaderas dentro de las muestras son idénticas. Existen pruebas formales que pueden hacerse para comprobar la igualdad de las varianzas dentro de las muestras

7.6, Apéndice 7), para determinar si existen diferencias significativas entre las medias del tratamiento o de los panelistas. Si el valor F calculado es superior al valor F tabulado, para el mismo número de grados de libertad, habrá evidencia de que hay diferencias significativas. En las Tablas 7.5 y 7.6 se dan los valores F para niveles de significancia de 0,05 y 0,01 respectivamente.

Una vez detectada una diferencia significativa, pueden hacerse pruebas de comparación múltiple, para determinar cuáles son las medias del tratamiento o de la población que difieren entre sí. En el siguiente ejemplo se dan detalles de los cálculos del análisis de la varianza.

Ejemplo de una prueba hedónica utilizada por un panel interno de consumidores, para determinar el grado de aceptabilidad de diferentes variedades de frijol

Una prueba hedónica fue llevada a cabo para determinar el grado de aceptabilidad de los consumidores respecto a cinco muestras (tratamientos) de frijol negro cocido, utilizando la escala de categoría de 9 puntos mostrada en la Figura 10.

El inicio de los tiempos de cocción de cada muestra fue escalonado, de manera que las cinco muestras estuvieran listas al mismo tiempo, esto es, diez minutos antes de que el panel iniciara su trabajo. Veintiocho panelistas sin entrenamiento, seleccionados entre el personal de la institución, evaluaron las cinco muestras, probándolas solamente una vez. Muestras de diez gramos de las cinco variedades de frijol, se presentaron simultáneamente a los panelistas. Las muestras fueron presentadas en vasos pequeños de

Nombre: _____

Fecha: _____

Observe y pruebe cada muestra de frijol negro, yendo de izquierda a derecha, como aparece en la boleta. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, haciendo una marca en la línea correspondiente a las palabras apropiadas en cada columna de código:

Código _____	Código _____	Código _____	Código _____	Código _____
_____ Me gusta muchísimo	_____ Me gusta muchísimo	_____ Me gusta muchísimo	_____ Me gusta muchísimo	_____ Me gusta muchísimo
_____ Me gusta mucho	_____ Me gusta mucho	_____ Me gusta mucho	_____ Me gusta mucho	_____ Me gusta mucho
_____ Me gusta modera- damente	_____ Me gusta modera- damente	_____ Me gusta modera- damente	_____ Me gusta modera- damente	_____ Me gusta modera- damente
_____ Me gusta poco	_____ Me gusta poco	_____ Me gusta poco	_____ Me gusta poco	_____ Me gusta poco
_____ No me gusta ni me disgusta	_____ No me gusta ni me disgusta	_____ No me gusta ni me disgusta	_____ No me gusta ni me disgusta	_____ No me gusta ni me disgusta
_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo
_____ Me disgusta modera- damente	_____ Me disgusta modera- damente	_____ Me disgusta modera- damente	_____ Me disgusta modera- damente	_____ Me disgusta modera- damente
_____ Me disgusta mucho	_____ Me disgusta mucho	_____ Me disgusta mucho	_____ Me disgusta mucho	_____ Me disgusta mucho
_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo	_____ Me disgusta muchísimo
Comentarios:	Comentarios:	Comentarios:	Comentarios:	Comentarios:

Figura 10. Boleta para prueba hedónica de 9 puntos utilizada para evaluar diferentes variedades de frijol.

duroport, con tapadera. Habiendo cinco muestras, el número posible de combinaciones para el orden de presentación se eleva a 120; sin embargo, como se contaba solamente con 28 panelistas, fue imposible equilibrar este elevado número de órdenes de presentación, por esta razón, se aleatorizó el orden de presentación para cada panelista.

Después de que cada panelista hubo evaluado las cinco muestras, las categorías descriptivas se convirtieron en puntajes numéricos. Los puntajes se tabularon y analizaron utilizando análisis de varianza. Los puntajes tabulados para los primeros siete panelistas, se muestran en la Tabla 2. El análisis de varianza se hizo empleando solamente los puntajes para los siete panelistas.

Para el análisis de la varianza anova, se hicieron los siguientes cálculos (donde N = número total de respuestas individuales, Σ = suma de):

Factor de corrección:

$$\begin{aligned} \text{FC} &= \frac{(\text{Gran total})^2}{N} \\ &= \frac{163^2}{35} \\ &= 759,1 \end{aligned}$$

Suma total de los cuadrados:

$$\begin{aligned} \text{SC(T)} &= \Sigma(\text{cada respuesta individual}^2) - \text{FC} \\ &= (2^2 + 1^2 + 1^2 + \dots + 2^2 + 3^2) - 759,1 \\ &= 917 - 759,1 \\ &= 157,9 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados de los tratamientos:

$$\begin{aligned}
 SC(Tr) &= \frac{[\Sigma(\text{total de cada tratamiento}^2)]}{[\text{número de respuestas por tratamiento}]} - FC \\
 &= \frac{[15^2 + 43^2 + 52^2 + 31^2 + 22^2]}{7} - 759,1 \\
 &= (6223/7) - 759,1 \\
 &= 889 - 759,1 \\
 &= 129,9
 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados de los panelistas:

$$\begin{aligned}
 Sc(P) &= \frac{[\Sigma(\text{total de cada panelista}^2)]}{[\text{numero de respuestas por panelista}]} - FC \\
 &= \frac{[26^2 + 25^2 + 18^2 + 23^2 + 23^2 + 24^2 + 24^2]}{5} - 759,1 \\
 &= \frac{(3835)}{5} - 759,1 = 767 - 759,1 \\
 &= 7,9
 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados del error:

$$\begin{aligned}
 SC(E) &= SC(T) - SC(Tr) - SC(P) \\
 &= 157,9 - 129,9 - 7,9 \\
 &= 20,1
 \end{aligned}$$

Los valores cuadráticos medios (CM) se calcularon dividiendo los valores SC entre sus respectivos grados de libertad, como se presenta a continuación:

Total de grados de libertad, gl(T) = Número total de respuestas – 1
= $N - 1$
= $35 - 1$
= 34

Grados de libertad de los tratamientos, gl(Tr) = Número de tratamientos – 1
= $5 - 1$
= 4

Grados de libertad de los panelistas, gl(P) = Número de panelistas – 1
= $7 - 1$
= 6

Tabla 2.
Puntajes de categorías tabulados para la prueba hedónica.¹

Variedades de frijol negro (tratamientos)						Total de panelistas	Media de los panelistas
Panelistas ²	A	B	C	D	E		
1	2	6	8	6	4	26	5,2
2	1	7	9	4	4	25	5,0
3	1	6	6	3	2	18	3,6
4	2	6	6	5	4	23	4,6
5	2	6	8	4	3	23	4,6
6	4	7	7	4	2	24	4,8
7	3	5	8	5	3	24	4,8
Total de tratamientos							
	15	43	52	31	22		
Gran total						163	
Media de los tratamientos							
	2,1	6,1	7,4	4,4	3,1		

¹ Puntaje más elevado – 9 (“me gusta muchísimo”); puntaje más bajo – 1 (“me disgusta muchísimo”).
² Se presentan y analizan solamente las respuestas de 7 de los 28 panelistas.

Grados de libertad de los errores, gl(E)

$$\begin{aligned} &= gl(T) - gl(Tr) - gl(P) \\ &= 34 - 4 - 6 \\ &= 24 \end{aligned}$$

Promedio de los cuadrados de los tratamientos, CM(Tr)

$$\begin{aligned} &= SC(Tr)/gl(Tr) \\ &= \frac{129,9}{4} = 32,48 \end{aligned}$$

Promedio de los cuadrados de los panelistas, CM(P)

$$\begin{aligned} &= SC(P)/gl(P) \\ &= \frac{7,9}{6} = 1,32 \end{aligned}$$

Promedio de los cuadrados de los errores, CM(E)

$$\begin{aligned} &= SC(E)/gl(E) \\ &= \frac{20,1}{24} = 0,84 \end{aligned}$$

Los valores F para tratamientos y panelistas, se calcularon dividiendo sus respectivos valores CM entre el CM del error. Los valores F tabulados se obtuvieron a partir de las tablas estadísticas de distribución F (Apéndice 7, Tabla 7.5). Por ejemplo, para los tratamientos con 4 gl en el numerador y 24 gl en el denominador y $p \leq 0,05$, las tablas indican una relación F de 2,78. El valor F para panelistas, con 6 gl en el numerador y 24 gl en el denominador a un $p \leq 0,05$ es 2,51. Para que se puedan considerar significativos a un valor de 5%, los valores F calculados deben ser superiores a los valores F tabulados.

Las sumas de los cuadrados, las medias de los cuadrados, grados de libertad y valores F son sumarizados en la tabla de ANOVA mostrada en la Tabla 3.

Tabla 3.
Tabla de análisis de varianza para la prueba hedónica.

Fuente de variación	gl	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabular ($p \leq 0,05$)
Total (T)	34	157,9			
Tratamiento (Tr)	4	129,9	32,48	38,67	2,78
Panelistas (P)	6	7,9	1,32	1,57	2,51
Error (E)	24	20,1	0,84		

Dado que el valor F calculado para tratamientos es de 38,67 y es superior al valor F tabulado que es de 2,78, se llega a la conclusión de que existe una diferencia significativa ($p \leq 0,05$), entre los puntajes hedónicos promedio, para las cinco variedades de frijol. El valor F calculado para los panelistas fue de 1,57. Este valor no fue mayor al valor F tabulado que es de 2,51; por lo tanto, no se encontró un efecto significativo de panelistas.

El análisis de varianza indicó que había diferencias significativas entre las cinco muestras de frijol. Para determinar qué muestras de frijol diferían significativamente la una de la otra, se utilizó una prueba de comparación múltiple, La Nueva Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan y las Tablas 7.7 y 7.8 del Apéndice 7. Esta prueba permite comparar las diferencias entre todos los pares de medias con respecto a los valores de amplitud calculados para cada par. Si la diferencia entre los pares de medias es superior al valor de amplitud calculado, las medias son significativamente diferentes al nivel de significancia especificado. Los valores de

amplitud se computan en base al número de medias que separan las dos medias que se están sometiendo a prueba, cuando las medias se disponen en orden de magnitud.

Para llevar a cabo la Prueba de Duncan, las medias correspondientes a los tratamientos se ordenaron de acuerdo a magnitud, como se indica a continuación:

Variedades de frijol negro	C	B	D	E	A
Medias de los tratamientos	7,4	6,1	4,4	3,1	2,1

Para comparar las 5 medias de este ejemplo, se calcularon los valores de amplitud para rangos de 5, 4, 3 y 2 medias utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Amplitud} = Q \sqrt{\frac{[\text{CM}(\text{E})]}{t}}$$

El valor de CM(E) tomado de la tabla de análisis de varianza (Tabla 3) es de 0,84. El t es el numero de respuestas individuales empleado para calcular cada media; en este ejemplo t = 7.

$$\text{Amplitud} = Q \sqrt{\frac{0,84}{7}} = Q(0,346)$$

Los valores Q se obtuvieron de la Tabla 7.7 (Apéndice 7) al mismo nivel de significancia utilizado en el análisis de la varianza, $p \leq 0,05$. Para determinar los valores de Q, es necesario también el valor de gl(E); los valores de Q para 24 gl son:

valor Q para 5 medias	= 3,226
valor Q para 4 medias	= 3,160
valor Q para 3 medias	= 3,066
valor Q para 2 medias	= 2,919

A continuación se calcularon los valores de amplitud:

$$\text{Amplitud} = Q (0,346)$$

Amplitud para 5 medias	=	3,226 (0,346)	=	1,12
Amplitud para 4 medias	=	3,160 (0,346)	=	1,09
Amplitud para 3 medias	=	3,066 (0,346)	=	1,06
Amplitud para 2 medias	=	2,919 (0,346)	=	1,01

El valor de amplitud para 5 medias se aplicó a las medias entre las que había mayor diferencia, 7,4 y 2,1, ya que estos valores cubrían el intervalo de variación correspondiente a 5 medias. La diferencia 5,3 fue mayor que 1,12; por lo tanto, estas dos medias eran significativamente diferentes.

La siguiente comparación se hizo entre los valores de las medias 7,4 y 3,1, utilizando el valor de amplitud para 4 medias (1,09). Debido a que la diferencia entre las medias (4,3) fue mayor que 1,09, se concluye que estas medias eran significativamente diferentes.

La comparación de tres medias se hizo entre las medias 7,4 y 4,4.

$$7,4 - 4,4 = 3,0 > 1,06$$

La comparación de dos medias se hizo entre las medias 7,4 y 6,1.

$$7,4 - 6,1 = 1,3 > 1,01$$

A continuación la media que les seguía en magnitud, fue comparada con la media mas pequeña y la diferencia fue comparada con el valor de amplitud correspondiente a 4 medias.

$$6,1 - 2,1 = 4,0 > 1,09$$

Este procedimiento se llevó a cabo como se indica, hasta finalizar con todas las comparaciones entre medias.

$6,1 - 3,1 = 3,0 > 1,06$
 $6,1 - 4,4 = 1,7 > 1,01$
 $4,4 - 2,1 = 2,3 > 1,06$
 $4,4 - 3,1 = 1,3 > 1,01$
 $3,1 - 2,1 = 1,0 < 1,01$

Las diferencias significativas entre las medias se presentaron utilizando letras. Las medias seguidas de diferentes letras, fueron significativamente diferentes al nivel de probabilidad del 5%.

Variedades de frijol negro	C	B	D	E	A
Medias de los tratamientos	7,4a	6,1b	4,4c	3,1d	2,1d

Se observó que la muestra C fue significativamente más aceptada que las otras muestras, la variedad B fue significativamente más aceptada que las variedades D, E y A, la variedad D fue más aceptada que las variedades E y A, las variedades E y A fueron igualmente aceptadas.

7.2 PRUEBAS ORIENTADAS A LOS PRODUCTOS

Las pruebas orientadas a los productos, utilizadas comúnmente en los laboratorios de alimentos, incluyen las pruebas de diferencias, pruebas de ordenamiento por intensidad, pruebas de puntajes por intensidad y pruebas de análisis descriptivo. Estas pruebas siempre se llevan a cabo utilizando paneles de laboratorio entrenados. Los ejemplos de pruebas orientadas a los productos, incluidas en este manual son: Prueba de triángulo para diferencia,

prueba de ordenamiento para intensidad y prueba de puntaje para intensidad.

7.2.1 Pruebas de Diferencia

Las pruebas de diferencia se diseñan para determinar si es posible distinguir dos muestras entre sí, por medio de análisis sensorial. Las pruebas de diferencia pueden utilizarse para determinar si ha ocurrido un cambio perceptible en la apariencia, sabor o textura de un alimento, como resultado de su almacenamiento o si ha ocurrido un cambio en el proceso de elaboración o alteración en algún ingrediente.

La prueba de triángulo es un tipo de prueba de diferencia utilizada comúnmente para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos muestras; el tamaño y la dirección de las diferencias no es especificada en esta prueba. La prueba de triángulo también puede utilizarse para determinar la habilidad de los panelistas para discriminar diferencias de apariencia, olor, sabor o textura de alimentos. Para poder llevar a cabo una prueba de discriminación de diferencias respecto a una característica específica, las otras características de las muestras que se están comparando deben ser idénticas. Para propósitos similares, se pueden utilizar otras pruebas tales como, la prueba de comparación pareada y la prueba dúo-trío.

La prueba de comparación pareada es similar a la prueba de preferencia pareada descrita en la Sección 7.1.1, excepto que a los panelistas se les pide que indiquen cuál de las dos muestras tiene la mayor intensidad respecto a una característica específica. Por ejemplo, a los panelistas se les puede preguntar “¿cuál es la muestra

más dulce?” o “¿cuál es la muestra más suave?” Con esta prueba, se puede identificar la muestra más dulce o la más suave, pero no se puede medir el tamaño de la diferencia.

En la prueba dúo-trío, tres muestras se presentan a los panelistas. Una de estas muestras se identifica con una R, sirviendo de referencia; las otras dos se codifican con números aleatorios de tres dígitos. Una de las muestras codificadas es idéntica a la referencia (R) y la otra no. A los panelistas se les pide que prueben primero la muestra R y a continuación las muestras codificadas, para tratar de identificar cuál de las dos muestras codificadas es idéntica a R (o diferente de R). La prueba dúo-trío indica si existe diferencia, pero no indica la dirección o la magnitud de la diferencia entre muestras.

Las pruebas de comparación pareada y de dúo-trío no se describen en detalle en este manual. Los procedimientos para utilizar estas pruebas y analizar los datos se describen en las obras de O'Mahony (1986), Stone and Sidel (1985), Gacula y Singh (1984), Larmond (1977) y el comité E-18 de la ASTM (1968).

Instrucciones Generales para Identificar una Diferencia Utilizando la Prueba Triangular

Descripción de la tarea de los panelistas: Tres muestras codificadas son presentadas a los panelistas; una muestra es diferente y las otras dos son iguales. Se pide a los panelistas que seleccionen la muestra que es diferente, aun si ellos no encuentran ninguna diferencia entre las muestras (en caso de duda, los panelistas deben decidirse por una muestra).

Presentación de muestras: Las dos muestras diferentes (A y B), son presentadas a los panelistas en grupos de tres. Los panelistas reciben ya sea dos muestras A y una B, o dos muestras B y una A. Las tres muestras se presentan en pequeños recipientes idénticos, codificados con 3 números aleatorios. Los números de código de las muestras presentadas a cada panelista, deben ser diferentes, aun cuando dos de las muestras sean idénticas.

En la prueba triangular hay seis posibles órdenes de presentación de las muestras, tal como se observa en la Tabla 4. Para servir las muestras en un orden balanceado, cada orden se debe servir un número igual de veces; esto sólo es posible cuando hay seis panelistas o un número de panelistas que sea múltiplo de seis. Otra alternativa es, que el orden sea aleatorio, de manera que cada panelista tenga la misma posibilidad de recibir cualquiera de los seis posibles órdenes de presentación.

Tabla 4.
Seis posibles órdenes de presentación en una prueba triangular.

Número del panelista	Orden de presentación de la muestra		
	Primero	Segundo	Tercero
1	256 (A)	831 (A)	349 (B)
2	2256 (A)	349 (B)	831 (A)
3	3670 (B)	256 (A)	831 (A)
4	4349 (B)	670 (B)	256 (A)
5	5349 (B)	256 (A)	670 (B)
6	6831 (A)	349 (B)	670 (B)

Las muestras se presentan simultáneamente, en el orden seleccionado para cada panelista, de manera que los panelistas evalúen las muestras de izquierda a derecha. En esta prueba, sí se permite que se prueben las muestras una segunda vez. La Figura 11 muestra un ejemplo de una boleta utilizada para prueba triangular. La boleta debe indicar el orden en que los panelistas evalúan las muestras.

Análisis de datos: Para evaluar la significancia de los resultados, se utiliza la tabla binomial de un extremo. La prueba de un extremo es apropiada, ya que se sabe que una muestra es diferente y por lo tanto sólo hay una posibilidad de respuesta correcta. La prueba binomial de dos extremos se utilizó para analizar los datos de preferencia de pares en la Sección 7.1.1. En esta prueba, cualquiera de las dos muestras hubiera podido preferirse; por lo tanto, había posibilidad de dos respuestas correctas y por ello se utilizó la prueba de dos extremos para significancia. La prueba triangular difiere también de la prueba de pares en que la probabilidad de elegir por casualidad la muestra correcta es $1/3$. En la prueba de pares, la probabilidad de elegir por casualidad la muestra correcta es $1/2$. Por esta razón, la tabla usada para la prueba triangular (Tabla 7.9) no es la misma que la utilizada para la prueba de pares (Tabla 7.2).

En la prueba triangular, se suma el número de panelistas que han identificado correctamente la muestra diferente y el total se somete a la prueba de significancia utilizando la Tabla 7.9 (Apéndice 7). En esta tabla, X representa el número de panelistas que eligió correctamente la muestra diferente y n representa el número total de panelistas que participa en la prueba. La tabla contiene 3 probabilidades decimales para ciertas combinaciones de X y n . En la Tabla 7.9 se omite el cero inicial para ahorrar

Nombre: _____

Fecha: _____

Aquí se le presentan tres muestras de frijol. Dos de estas muestras son iguales y una es diferente.

Pruebe las muestras que aparecen en la lista y ponga una marca (X) al lado del código de la muestra que es diferente.

Código	La muestra diferente es:
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Figura 11. Boleta de prueba triangular para muestras de frijol con y sin tratamiento.

espacio, por lo tanto 868 se debe entender como 0,868. Por ejemplo, si 9 de 17 panelistas eligieron correctamente la muestra diferente, la probabilidad de acuerdo a la Tabla 7.9 ($X = 9, n = 17$) sería 0,075. Dado que para tener significancia se exige una probabilidad de 0,05 o menos, se podría concluir que no hubo una diferencia significativa entre las muestras. En este tipo de prueba de diferencia, tanto la confiabilidad como la sensibilidad aumentan a medida que participan más panelistas.

Ejemplo de una prueba de triángulo utilizada por un panel entrenado para detectar diferencias entre muestras con tratamiento y sin tratamiento

Una prueba triangular fue llevada a cabo para determinar si los frijoles negros que habían recibido un tratamiento térmico previo al almacenamiento, eran perceptiblemente diferentes de los frijoles sin tratamiento, después de haber almacenado ambos tipos de muestras bajo las mismas condiciones por seis meses. Las muestras de frijol se cocieron hasta llegar a su punto óptimo de cocción, siguiendo el procedimiento estándar.

Un panel interno compuesto de 36 panelistas evaluó las muestras de frijol cocido. A cada panelista se le dieron simultáneamente tres muestras, seis panelistas recibieron las muestras en cada uno de los seis órdenes mostrados en la Tabla 4. Las muestras codificadas en forma apropiada, fueron seleccionadas y entregadas a cada panelista, acompañadas de una boleta donde aparecía la lista de números de código en el orden de degustación. En la Figura 11 se muestra la boleta utilizada.

Cuando todos los miembros del panel terminaron la prueba, sus boletas se marcaron, ya sea como correcta (+) cuando identificaron correctamente la muestra diferente o bien como incorrecta (-). En la Tabla 5 se muestra la forma en que se tabularon los resultados. Utilizando la tabla estadística 7.9 (Apéndice 7), el número total de panelistas con respuestas correctas (X) se comparó con el número total de panelistas (n) y se determinó el nivel de significancia.

Tabla 5.
Datos tabulados de la prueba triangular.

Panelista	Resultado
1	+
2	-
3	-
4	+
5	+
6	+
7	-
8	+
9	-
10	-
11	+
12	-
13	-
14	+
15	-
16	+
17	-
18	+
19	-
20	-
21	+
22	-
23	+
24	+
25	+
26	+
27	-
28	+
29	-
30	-
31	+
32	+
33	-
34	+
35	+
36	+
Total de respuestas correctas (+) =	20

Utilizando la Tabla 7.9 (Apéndice 7), se determinó que con 36 panelistas y 20 respuestas correctas, el nivel de significancia era de 0,005.

Se concluyó que las muestras eran significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0,005, ya que 20 de los 36 panelistas eligieron correctamente la muestra diferente. Después de 6 meses de almacenamiento, los frijoles que estuvieron bajo tratamiento eran diferentes a los frijoles sin tratar; sin embargo, no se determinó la magnitud ni el tipo de diferencia.

7.2.2 Pruebas de Ordenamiento para Evaluar Intensidad

En las pruebas de ordenamiento por intensidad, se requiere que los panelistas ordenen las muestras de acuerdo a la intensidad perceptible de una determinada característica sensorial. Este tipo de pruebas se puede utilizar para obtener información preliminar sobre las diferencias de productos o para seleccionar panelistas según su habilidad para discriminar entre las muestras con diferencias conocidas. Las pruebas de ordenamiento pueden indicar si existen diferencias perceptibles en la intensidad de un atributo entre diferentes muestras, aunque no dan información sobre la magnitud de la diferencia entre dos muestras. Las muestras colocadas en el rango primero y segundo por ejemplo, podrían tener una diferencia de intensidad pequeña pero fácilmente perceptible, mientras que las muestras colocadas en el rango segundo y tercero, podrían tener una gran diferencia en la intensidad del atributo. Esta diferencia no sería indicada por esta prueba.

Instrucciones Generales para Realizar una Prueba de Ordenamiento para Evaluar Intensidad

Descripción de la tarea de los panelistas: Se pide a los panelistas entrenados, que ordenen las muestras codificadas de acuerdo a la intensidad de una característica específica, clasificando las muestras de mayor a menor intensidad. Normalmente no se permite que dos muestras sean clasificadas en la misma posición.

Nombre: _____

Fecha: _____

Por favor evalúe la dureza de la cáscara de cada una de las muestras de frijol que aquí se presentan. Separe la cáscara del cotiledón, mordiendo con las muelas una muestra de 2 granos de frijol. Saque el cotiledón de la cáscara, presionando éste entre la lengua y el paladar. Lleve la cáscara ya sola a la parte de adelante y evalúe la fuerza requerida para partir la cáscara, mordiendo con los dientes incisivos.

Evaluar las muestras según el orden establecido a continuación, de arriba abajo, y después disponer las muestras por orden de dureza de su tegumento. Asignar a la muestra con el tegumento más duro un valor de 1; a las muestras con las durezas siguientes se les asignan los valores 2 y 3 respectivamente y a la muestra con el tegumento menos duro de todos el valor 4.

Código	Rango asignado
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Figura 12. Boleta para la prueba de ordenamiento por la dureza de la cáscara de frijol.

Presentación de muestras: Tres o más muestras son presentadas en pequeños recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos. A cada muestra se le da un número de código diferente. Todas las muestras se entregan simultáneamente a cada panelista, en un orden balanceado o aleatorio. Se permite que los panelistas evalúen las muestras cuantas veces crean es necesario, para compararlas entre sí. En la Figura 12 aparece un ejemplo de una boleta de ordenamiento de intensidad.

Análisis de datos: Cuando los panelistas han terminado de ordenar las muestras, se suman los valores de rango asignados a cada muestra. A continuación, se examinan las diferencias significativas de las muestras, comparando los valores de rango totales entre todos los posibles pares de muestras, mediante la utilización de la prueba de Friedman y las Tablas estadísticas 7.3 y 7.4 (Apéndice 7). Este mismo método de análisis de datos se usó en el ordenamiento de los datos de aceptabilidad, en la Sección 7.1.2 Para mayor detalle sobre esta prueba, se debe revisar ese ejemplo.

Ejemplo de una prueba de ordenamiento utilizada por un panel entrenado para comparar la dureza de la cáscara de frijol

Una prueba de ordenamiento fue realizada para comparar la dureza de la cáscara de frijoles que se habían almacenado en cuatro condiciones diferentes de humedad y temperatura, durante tres meses. Diez panelistas participaron en la prueba, ellos fueron entrenados para evaluar la dureza de la cáscara del grano de frijol (Apéndice 4). A cada panelista se le entregaron

Tabla 6.
Tabulación de datos de prueba de ordenamiento por intensidad.¹

Panelista	Tratamiento de amacenamiento			
	A	B	C	D
1	1	3	2	4
2	1	2	3	4
3	2	3	1	4
4	3	1	2	4
5	1	3	2	4
6	3	1	2	4
7	2	4	1	3
8	1	2	3	4
9	3	4	2	1
10	1	3	2	4
Rango total	18	26	20	36

¹ Rango menor = 1 = cáscara más dura.

simultáneamente las cuatro muestras de frijol ya codificadas, cada panelista evaluó las muestras una sola vez. Instrucciones fueron dadas a los panelistas para que clasificaran las muestras de acuerdo a la dureza de la cáscara, dando a cada muestra un rango diferente, incluso cuando los productos les parecieran similares. A la muestra con la cáscara más dura, se le dio el rango 1 y a la muestra con la cáscara menos dura se le dio el rango 4. En la Figura 12 se muestra la boleta utilizada.

Los valores de posición otorgados a cada muestra, se tabularon y sumaron, como se muestra en la Tabla 6. Las diferencias entre los valores totales de pares fueron:

D – A	=	36 – 18	=	18
D – B	=	36 – 26	=	10
D – C	=	36 – 20	=	16
C – A	=	20 – 18	=	2
B – C	=	26 – 20	=	6
B – A	=	26 – 18	=	8

El valor crítico tabulado para $p \leq 0,05$, 10 panelistas y 4 muestras, de la Tabla 7.3 es 15. Solamente las diferencias entre D y A, y entre D y C fueron significativas (mayor que 15).

De lo anterior, se concluye que las cáscaras de la muestra de frijol almacenada en la condición D no eran tan duras como las cáscaras de las muestras almacenadas en las condiciones A y C.

**7.2.3 Pruebas de Evaluación
de Intensidad con Escalas**

En las pruebas de evaluación de intensidad, se requiere que los panelistas evalúen la intensidad perceptible de una característica sensorial de las muestras, utilizando escalas lineales o escalas categorizadas. Estas pruebas de evaluación miden la magnitud de la diferencia entre las muestras y permiten ordenar las muestras de acuerdo al mayor o menor grado de intensidad de una característica.

**Instrucciones Generales para Realizar
una Prueba de Evaluación de Intensidad**

Descripción de la tarea de los panelistas: Los panelistas marcan la intensidad de una característica específica, percibida en

cada una de las muestras codificadas. Para ello utilizan una escala de intervalo, que va de menor a mayor intensidad.

Presentación de las muestras: Las muestras se presentan en recipientes pequeños, codificados con números aleatorios de 3 dígitos, cada muestra recibe un código diferente. A cada panelista se le presentan simultáneamente las muestras, en un orden balanceado o aleatorio; es importante instruir a los panelistas para que evalúen independientemente cada una de las muestras. Con el propósito de minimizar la comparación entre muestras, el encargado puede ir presentando las muestras a los panelistas, de una en una, retirando cada muestra después de la degustación y antes de presentar la muestra siguiente. Cualquiera que sea el método empleado, se instruye a los panelistas para que evalúen cada muestra e indiquen la intensidad de la característica específica, haciendo una marca en la categoría apropiada o trazando una marca vertical en una escala lineal. En la Figura 7, Sección 6.1.3, se muestra un ejemplo de una escala categorizada utilizada para evaluar intensidad.

Análisis de datos: Para analizar los datos de la escala de categorías, las categorías se convierten en puntajes numéricos, asignando números sucesivos a las categorías. Normalmente, se da el número 1 a la categoría de menor intensidad. Para analizar los resultados de la escala lineal, las marcas de los panelistas se convierten en puntajes numéricos midiendo la distancia en cm entre el extremo izquierdo o punto de menor intensidad en la escala y las marcas de los panelistas, convirtiéndolas mediante la proporción de $0,5 \text{ cm} = 1 \text{ unidad del puntaje}$. Los puntajes numéricos de cada muestra se tabulan y analizan mediante el análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre las muestras. Las pruebas de

comparación múltiple pueden utilizarse para determinar cuáles son las muestras que difieren entre sí.

Normalmente, estas pruebas de evaluación se repiten varias veces para obtener varias repeticiones de los datos. Esto permite medir exactamente el error experimental. El uso de datos repetitivos permite también que el experimentador califique el rendimiento del panel, examinando los resultados de cada repetición, para ver si existen diferencias significativas entre los promedios de cada una de ellas.

***Ejemplo de una evaluación con escala lineal
utilizada por un panel entrenado para determinar la
dureza del frijol***

Se utilizó una prueba de valoración con escala lineal, para comparar la dureza de los frijoles cocidos durante cinco períodos diferentes. Cinco muestras de frijol negro de una sola variedad fueron cocidas durante 30, 50, 70, 90 y 110 minutos respectivamente. Los frijoles iniciaron su cocción en forma escalonada, de tal forma que todas las muestras se terminaran de cocer al mismo tiempo.

En el panel participaron siete panelistas entrenados para evaluar la textura de los frijoles. En cada sesión, las 5 muestras de frijol fueron presentadas a cada panelista, utilizando una disposición aleatoria de bloques completos. La prueba se repitió dos veces más, utilizando números de código diferentes en cada ocasión, para así

obtener tres repeticiones. En la Figura 13 se muestra la boleta de evaluación que utilizó una escala lineal de 15 cm. Los panelistas evaluaron las muestras, trazando una línea vertical en el punto apropiado de cada escala lineal.

Los puntajes numéricos se determinaron midiendo la distancia entre el extremo izquierdo de la escala y la marca dada por los

Nombre: _____

Fecha: _____

Evaluar la dureza de las cinco muestras de frijoles en el orden que se indica en la boleta, de arriba abajo. Morder una vez con una muela en la muestra de frijoles (2 frijoles). La dureza es la fuerza requerida para penetrar la muestra. Colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda a la dureza de la muestra.

[La línea horizontal de la escala deberá tener una longitud real de 15 cm.]

CODIGO

suave

duro

suave

duro

suave

duro

suave

duro

suave

duro

Figura 13. Boleta para evaluar la dureza de los frijoles usando una escala lineal.

panelistas, en unidades de 0,5 cm. Una distancia de 10 cm equivalía, por lo tanto, a un puntaje de 20. Los datos se tabularon en la forma mostrada en la Tabla 7 y se analizaron utilizando el análisis de varianza de dos vías. Se separaron los efectos de los

Tabla 7.
Tabulación de datos de la prueba de evaluación de dureza.¹

P A N E L I S T A	Tratamiento del tiempo de cocción (min)															T O T A L E S	
	A			B			C			D			E				
	(30)			(50)			(70)			(90)			(110)				
	Repetición			Repetición			Repetición			Repetición			Repetición				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	20	24	21	15	19	15	12	18	17	8	12	11	18	16	13	239	
2	18	21	22	12	14	8	6	6	8	9	6	9	3	4	6	152	
3	13	19	16	6	10	7	5	5	4	5	3	2	5	3	4	107	
4	19	10	15	13	6	10	8	5	3	6	4	7	5	3	4	118	
5	19	18	24	4	13	9	2	10	7	7	2	7	4	6	12	144	
6	20	23	19	17	20	18	8	8	15	5	18	10	14	7	7	209	
7	20	16	19	11	13	6	8	6	4	6	6	5	4	4	9	137	
Total tratamiento × repetición																	
	129	131	136	78	95	73	49	58	58	46	51	51	53	43	55		
Gran Total															1106		
Total tratamiento																	
	A = 396			B=246			C=165			D=148			E=151				
(Media)	(18.9)			(11.7)			(7.9)			(7.0)			(7.2)				
Total repeticiones ²																	
	Rep. 1 = 355						Rep. 2 = 378						Rep. 3 = 373				
(Media)	(10,1)						(10,8)						(10,7)				

¹ Puntaje más alto = 30 = duro.
² Los totales de repetición se refieren a los tratamientos generales de cada repetición.

tratamientos (muestras), panelistas, repeticiones e interacciones. El análisis fue similar al usado en la prueba hedónica. Para comprender el análisis de varianza en detalle, se debe revisar ese ejemplo (Sección 7.1.3).

Para el análisis de la varianza, se hicieron los siguientes cálculos:

Factor de corrección:

$$\begin{aligned} FC &= \frac{(1106^2)}{105} \\ &= 11649,87 \end{aligned}$$

Suma total de los cuadrados:

$$\begin{aligned} SC(T) &= (20^2 + 24^2 + \dots + 4^2 + 9^2) - 11649,87 \\ &= 15522 - 11649,87 \\ &= 3872,13 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados de los tratamientos:

$$\begin{aligned} SC(Tr) &= \frac{[396^2 + 246^2 + 165^2 + 148^2 + 151^2]}{21} - 11649,87 \\ &= 13744,38 - 11649,87 \\ &= 2124,51 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados de los panelistas:

$$\begin{aligned} SC(P) &= \frac{[239^2 + 152^2 + \dots + 137^2]}{15} - 11649,87 \\ &= 12585,60 - 11649,87 \\ &= 935,73 \end{aligned}$$

Suma de cuadrados de la repetición

$$\begin{aligned} SC(R) &= \frac{\Sigma(\text{total de cada repetición}^2)}{[\text{\# de respuestas en cada total repetición}]} - FC \\ &= \frac{[355^2 + 378^2 + 373^2]}{35} - 11649,87 \\ &= 11658,23 - 11649,87 \\ &= 8,36 \end{aligned}$$

Suma de los cuadrados del error:

$$\begin{aligned} SC(E) &= SC(T) - SC(Tr) - SC(P) - SC(R) \\ &= 3872,13 - 2124,51 - 935,73 - 8,36 \\ &= 803,53 \end{aligned}$$

Los valores de los cuadrados medios (CM) se calcularon dividiendo los valores de SC entre sus respectivos grados de libertad. Los grados de libertad (gl) eran los siguientes:

Grados de Libertad Total, gl(T)	= 105 - 1	= 104
Grados de Libertad del Tratamiento, gl(Tr)	= 5 - 1	= 4
Grados de Libertad de los Panelistas, gl(P)	= 7 - 1	= 6
Grados de Libertad de las Repeticiones gl(R)	= 3 - 1	= 2
Grados de Libertad del Error gl(E)	= gl(T) - gl(Tr) - gl(P) - gl(R)	
	= 104 - 4 - 6 - 2	
	= 92	

Los Cuadrados Medios se calcularon de la siguiente manera:

$$CM(Tr) = \frac{(2124,51)}{4}$$

$$= 531,13$$

$$CM(P) = \frac{(935,73)}{6}$$

$$= 155,96$$

$$CM(R) = \frac{(8,36)}{2}$$

$$= 4,18$$

$$CM(E) = \frac{(803,53)}{92}$$

$$= 8,73$$

Para calcular los valores F, se dividieron los CM de los panelistas por el CM del error, el CM de tratamientos por el CM del error y el CM de repeticiones por el CM del error. Los valores tabulares de F, fueron obtenidos de las Tablas 7.5 y 7.6 (Apéndice 7) de la distribución F. Debido a que en la tabla no aparecen los grados de libertad del error (92), los valores F para 92 gl fueron extrapolados de los valores dados. En este ejemplo, los valores F calculados se compararon con los valores tabulares de F para un nivel de significancia del 1% ($p \leq 0,01$), Tabla 7.6. En la Tabla 8 aparecen los valores F para los principales efectos de panelista, tratamientos y repeticiones. Los valores F calculados para tratamientos y panelistas fueron mucho mayores que los valores F tabulados, lo que indica un efecto altamente significativo, tanto de los tratamientos como de los panelistas. El efecto principal de la repetición no fue significativo.

Tabla 8.
Tabla I – Análisis de varianza de la evaluación de dureza.

Fuente de la variación	gl	SC	MC	F	
				Calculado	Tabular ($p \leq 0,01$)
Total	104	3872,13			
Tratamientos	4	2124,51	531,13	60,84	3,56
Panelistas	6	935,73	155,96	17,86	3,03
Reiteraciones	2	8,36	4,18	0,48	4,88
Errores	92	803,53	8,73		

El efecto significativo de los panelistas podría significar que los panelistas calificaron las muestras en el mismo orden, pero algunos panelistas usaron diferentes partes de la escala; en consecuencia, los puntajes reales dados a las muestras difirieron. Debido a que existían diferencias significativas grandes, relacionadas tanto con panelistas como con tratamientos, es posible que algunas de esas diferencias fueran debidas a una interacción. Una interacción significativa indicaría que no todos los panelistas estaban calificando las muestras en el mismo orden. Para examinar esta interacción, fue necesario calcular las sumas de los cuadrados de la interacción entre panelistas y tratamientos. Se sumaron los datos tomados de los datos tabulados originalmente (Tabla 7), para obtener un total combinado de tratamiento para cada panelista en las tres repeticiones. Estos datos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9.
Matriz de datos de los totales de tratamientos por cada panelista.

Panelistas	Tratamientos de tiempo de cocción (min)				
	A (30)	B (50)	C (70)	D (90)	E (110)
1	65	49	47	31	47
2	61	34	20	24	13
3	48	23	14	10	12
4	44	29	16	17	12
5	61	26	19	16	22
6	62	55	31	33	28
7	55	30	18	17	17

Para calcular el tratamiento por la interacción de cada panelista se requieren los cálculos siguientes:

Suma total de cuadrados, matriz Tratamiento × Panelista:

$$\begin{aligned} \text{SCT}(\text{Tr} \times \text{P}) &= \frac{[\sum(\text{total de tratamiento por panelista}^2)]}{[\text{número de repeticiones}]} - \text{CF} \\ &= \{[65^2 + 61^2 + \dots + 28^2 + 17^2]/3\} - 11649,87 \\ &= 14931,33 - 11649,87 \\ &= 3281,46 \end{aligned}$$

Suma de cuadrados de interacciones

$$\begin{aligned} \text{SC}(\text{Tr} \times \text{P}) &= \text{SCT}(\text{Tr} \times \text{P}) - \text{SC}(\text{P}) - \text{SC}(\text{Tr}) \\ &= 3281,46 - 935,73 - 2124,51 \\ &= 221,22 \end{aligned}$$

Grados de libertad de las interacciones:

$$\begin{aligned} \text{gl}(\text{Tr} \times \text{P}) &= \text{gl}(\text{tratamiento}) \times \text{gl}(\text{panelistas}) \\ &= 4 \times 6 \\ &= 24 \end{aligned}$$

Tabla 10.
Tabla II — Análisis de varianza de la prueba
de evaluación de dureza.

Fuente de la variación	gl	SC	MC	F	
				Calculado	Tabular ($p \leq 0,01$)
Total	104	3872,13			
Tratamientos	4	2124,51	531,13	62,05	3,63
Panelistas	6	935,73	155,96	18,22	3,10
Repeticiones	2	8,36	4,18	0,49	4,96
TrxP	24	221,22	9,22	1,08	2,10
Error	68	582,31	8,56		

Los grados de libertad y la suma de los cuadrados de la interacción entre panelistas y tratamientos, se agregaron a la Tabla de análisis de varianzas y se calculó el cuadrado medio (Tabla 10). Se utilizó un nuevo cuadrado medio de error, para analizar los efectos principales de tratamientos y panelistas, así como el efecto de interacción de los panelistas con los tratamientos. Este nuevo cuadrado medio de error se calculó restando la SC de Tratamientos, SC de Panelista, SC de Repeticiones y la SC de Interacciones (Tr × P) de la SC Total. Los nuevos grados de libertad para el error se calcularon restando de los gl total, los gl de Tratamientos, Panelistas, Repetición e Interacción (Tr × P). Estos valores se colocaron en la segunda Tabla de Análisis de Varianza (Tabla 10).

La interacción de tratamiento × panelista no fue significativa, por lo tanto, el efecto significativo de los panelistas indicaba que ellos calificaron los tratamientos en el mismo orden. Algunos panelistas sin embargo, pudieron haber calificado las muestras

usando partes diferentes de la escala. Por ejemplo, un panelista pudo haber calificado todas las muestras usando sólo el extremo superior de la escala, mientras que otros pudieron haber usado la porción central de la escala, lo que dio como resultado que las muestras fueran evaluadas en el mismo orden, pero con evaluaciones numéricas diferentes. Una prueba de comparación múltiple de los puntajes promedio de los panelistas, podría ser utilizada para descubrir dónde están las diferencias entre los panelistas. Esto sería útil durante el período de capacitación del panel, para determinar qué panelistas calificaron las muestras o usaron la escala de una manera diferente a los otros. Normalmente, durante estudios lo que interesa es determinar las diferencias entre tratamientos específicos. La ausencia de un efecto de repetición y de una interacción significativa tratamiento $\times$ panelista, confirma la consistencia de la tarea desarrollada por el panel en este ejemplo.

La prueba de análisis de varianza señaló que había una diferencia significativa en la dureza de las muestras de frijol. Para determinar cuáles eran los tratamientos que diferían significativamente entre sí, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey y las Tablas 7.10 y 7.11 (Apéndice 7). La prueba de Tukey es similar a la prueba de Duncan (Sección 7.1.3). Comparaciones de pares entre todas las medias son luego comparadas contra un valor de amplitud ya establecido. Si la diferencia entre dos medias es mayor que el valor de la amplitud, la media es significativamente diferente. Mientras que en la prueba de Duncan se calculan varios valores de la amplitud en la prueba de Tukey sólo se calcula un valor único. Se dirá que existe una diferencia significativa, cuando entre dos medias cualesquiera, haya una diferencia mayor que el valor de la amplitud. Para efectuar la prueba, se ordenaron las medias de tratamientos por tamaño en la forma que aparece a continuación:

Tratamientos de cocción	A	B	C	E	D
Medias de dureza	18,9	11,7	7,9	7,2	7,0

El error estándar de las medias de la muestra (tratamiento) se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Error Estándar (EE)} = \sqrt{\frac{\text{CM(E)}}{n}}$$

donde CM(E) es tomado de la tabla final de ANOVA (Tabla 10) y *n* es el número de respuestas por tratamiento.

$$\begin{aligned} \text{EE} &= \sqrt{\frac{\text{CM(E)}}{n}} \\ &= \sqrt{8,56/21} \\ &= \sqrt{0,41} \\ &= 0,64 \end{aligned}$$

El valor de la amplitud se calculó siguiendo la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Valor de la amplitud} &= Q(\text{EE}) \\ &= Q(0,64) \end{aligned}$$

El valor Q se obtuvo de la Tabla 7.11 (Apéndice 7) con 68 gl(E), 5 tratamientos y el mismo nivel de significancia de ANOVA ($p \leq 0,01$). Entonces, $Q = 4,80$ (valor extrapolado de la tabla).

$$\begin{aligned} \text{Valor de la amplitud} &= 4,80 (0,64) \\ &= 3,07 \end{aligned}$$

Cualquier par de muestras que difieran entre sí, en un valor mayor que el valor de la amplitud 3,07, fueron significativamente diferentes al nivel del 1%. Todas las medias muestrales se compararon de la siguiente manera:

A - D	= 18,9 - 7,0	= 11,9 > 3,07
A - E	= 18,9 - 7,2	= 11,7 > 3,07
A - C	= 18,9 - 7,9	= 11,0 > 3,07
A - B	= 18,9 - 11,7	= 7,2 > 3,07
B - D	= 11,7 - 7,0	= 4,7 > 3,07
B - E	= 11,7 - 7,2	= 4,5 > 3,07
B - C	= 11,7 - 7,9	= 3,8 > 3,07
C - D	= 7,9 - 7,0	= 0,9 < 3,07
C - E	= 7,9 - 7,2	= 0,7 < 3,07
E - D	= 7,2 - 7,0	= 0,2 < 3,07

Las muestras A y B eran significativamente diferentes entre sí y eran diferentes de todas las otras muestras. Las muestras C, E y D no eran significativamente diferentes entre sí. Las diferencias significativas entre las medias, se marcaron subrayando con una línea aquellas medias que no eran significativamente diferentes al nivel del 1% de probabilidad.

Tratamientos de cocción	A	B	C	E	D
Medias por tratamiento	18,9	11,7	<u>7,9</u>	<u>7,2</u>	<u>7,0</u>

Los frijoles negros cocidos durante 30 min (A) eran más duros que los frijoles cocidos durante 50 min (B), 70 min (C), 90 min (D) ó 110 min (E). Los frijoles negros cocidos durante 50 min (B) eran significativamente más duros que los frijoles cocidos durante 70 min (C), 90 min (D) ó 110 min (E); sin embargo, los frijoles cocidos durante 70 (C), 90 (D) ó 110 (E) minutos no diferían en dureza.

7.2.4 Pruebas Descriptivas

Las pruebas descriptivas son similares a las pruebas de evaluación de intensidad, excepto que los panelistas deben evaluar la intensidad de varias características de la muestra en vez de evaluar sólo una característica. En estas pruebas, los panelistas entrenados hacen una descripción sensorial total de la muestra, incluyendo apariencia, olor, sabor, textura y sabor residual. Hay muchos tipos de pruebas descriptivas dentro de las que se incluyen, el Perfil de Sabor (Pangborn 1986; Stone y Sidel 1985; Powers 1984; Moskowitz 1983; IFT 1981; ASTM 1968; Amerine et al. 1965; Caul 1957; Cairncross y Sjostrom 1950), el Perfil de Textura (Pangborn 1986; Stone y Sidel 1985; Moskowitz 1983; IFT 1981; Civille y Szczesniak 1973; Brandt et al. 1963, Szczesniak 1963; Szczesniak et al. 1963) y el Análisis Descriptivo Cuantitativo (Pangborn 1986; Moskowitz 1983; IFT 1981; Zook y Wessman 1977; Stone et al. 1980, 1974). En este manual no se describen estos métodos, pero en los artículos mencionados hay discusiones y explicaciones de las técnicas.

Planificación de un Experimento Sensorial

Cuando se planifica un experimento sensorial, se deben tomar en cuenta todos los factores discutidos en las secciones previas de este manual. En consecuencia, se pueden elegir las pruebas específicas y los métodos adecuados para hacer el análisis estadístico. Con el fin de facilitar la planificación y conducción de los experimentos sensoriales, especialmente para aquellos investigadores que recién comienzan sus estudios en este campo, se han descrito detalladamente un número de pruebas. Las descripciones provistas, si se siguen paso a paso, serán útiles en la planificación de pruebas similares.

La planificación de un experimento sensorial deberá incluir los pasos descritos a continuación:

- 1) Definir los objetivos específicos del experimento. Plantear las preguntas que se quieren responder (la hipótesis a probarse) y formularlas claramente.

- 2) Identificar las limitaciones del experimento: límite de costos, disponibilidad de materiales, equipo, panelistas y tiempo.
- 3) Elegir el tipo de prueba y panel que se usará. Diseñar la boleta.
- 4) Diseñar los procedimientos experimentales convenientes, para controlar cuando sea posible las variables que no están siendo probadas, de manera que los resultados del panel no sean sesgados. Se debe planificar la aleatorización de los factores experimentales que pudieran sesgar los resultados tales como el orden de presentación y preparación de las muestras.
- 5) Decidir sobre los métodos estadísticos que se usarán, tomando en cuenta los objetivos del proyecto, el tipo de prueba y el tipo de panel.
- 6) Preparar los formularios que se usarán para registrar los datos sensoriales. Los datos se deben registrar de una manera que sea conveniente para hacer los análisis estadísticos.
- 7) Planificar en caso necesario, el reclutamiento y orientación de los panelistas, asimismo llevar a cabo la selección y entrenamiento de los panelistas.
- 8) Antes de realizar el experimento haga un ensayo general, para verificar que los procedimientos de presentación y preparación de la muestra así como el diseño de la boleta son adecuados.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

Prueba de Reconocimiento de Sabores Básicos

En las pruebas de reconocimiento se pueden utilizar las siguientes concentraciones de los cuatro sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo.

Sabor básico	Sustancia	Concentración
Dulce	sacarosa	1,0% a/v (2,5 g/250 mL)
Salado	cloruro de sodio	0,2% a/v (0,5 g/250 mL)
Acido	ácido cítrico	0,04% a/v (0,1 g/250 mL)
Amargo	cafeína	0,05% a/v (0,125 g/250 mL)
	o	
	sulfato de quinina	0,00125% a/v (0,003 g/250 mL)

Estas soluciones se preparan con agua destilada y se deberían preparar el día anterior para permitir que se equilibren durante la noche. Se necesitan aproximadamente entre 25 a 30 mL de solución por panelista. Para su degustación, las soluciones son servidas en pequeños vasos codificados. Entre las 4 soluciones básicas se ponen al azar una a dos muestras que contienen agua. Las muestras codificadas se deben presentar a cada panelista en órdenes aleatorios diferentes. Se debe instruir a los panelistas para que se enjuaguen la boca con agua entre una muestra y otra y si es necesario pueden aclarar la boca comiendo galletas. En la página siguiente se muestra un modelo de boleta.

Inmediatamente después de la prueba, se debe informar a los panelistas sobre el resultado obtenido. Aquellos que no se hayan desempeñado bien pueden repetir la prueba otro día, después de una discusión sobre las sensaciones de los sabores básicos y la forma en que éstos se perciben en la lengua y la boca. Es posible que los panelistas que fueron incapaces de identificar alguna de las soluciones con sabores básicos, sufran de ageusia (ausencia de la percepción en el gusto) y no sean por lo tanto personas idóneas para participar en los paneles de degustación.

APÉNDICE 1 continuación

Boleta de la Prueba de Reconocimiento de Sabores Básicos

Nombre: _____

Fecha: _____

Reconocimiento de sabores básicos

Pruebe, en orden descendente, cada una de las soluciones en el orden indicado en la boleta. Las soluciones pueden tener un gusto dulce, ácido, salado o amargo. Entre las soluciones con sabores básicos puede haber una o más muestras que tienen solamente agua. Identifique el sabor de la solución de cada uno de los vasos codificados. Enjuáguese la boca con agua antes de degustar y también entre una muestra y otra. Para aclarar la boca se proporcionan también galletas.

Código

Sabor

APÉNDICE 2

Prueba de Reconocimiento de Olores Básicos

En la prueba de reconocimiento de olores, se pueden usar sustancias comunes de uso en el hogar. Las sustancias aromáticas (10–15) se deben poner en frascos de vidrio oscuro o tubos de ensayo; los frascos transparentes se pueden envolver con papel de aluminio, a fin de que no haya indicaciones visuales de los materiales. Los frascos deben estar bien tapados. Los materiales líquidos se pueden poner en una bola de algodón en el tubo y los sólidos, se pueden poner directamente en el tubo, cubriéndolos con algodón o estopilla. Los frascos o tubos se deben llenar hasta $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ de su capacidad, con el objeto de dejar espacio encima de la muestra, para que se concentren las sustancias volátiles.

Se instruye a los panelistas para que acerquen el frasco a la nariz, quiten la tapadera y husmeen brevemente 3 veces. A continuación, ellos deben registrar el nombre del olor o de un olor aproximado, en caso de que no puedan identificar el nombre exacto, junto al código de muestra que aparece en la boleta. Por ejemplo, pueden escribir condimentado en caso de que no puedan nombrar la especia exacta. Al interpretar los resultados, el líder del panel puede dar la nota más alta al nombre correcto y la mitad de la nota a un nombre que se relacione con el olor. En esta sección, se muestra un modelo de la boleta.

Los panelistas deben ser informados de su rendimiento, inmediatamente después de la prueba. Es posible que las personas que tengan dificultad para identificar las sustancias, solamente necesiten más práctica y puedan ser autorizados para repetir la prueba otro día. El lenguaje de olores y sabores, como cualquier otro lenguaje, mejora con la práctica. Los panelistas incapaces de oler correctamente muchas de las sustancias, posiblemente sufren de anosmia o pueden tener una congestión nasal o sinusal y probablemente no sean personas idóneas para participar en los paneles de evaluación de olores y aromas.

A continuación se presenta una lista de sustancias que se han utilizado para pruebas de olor:

Substancia	Olor	Olores aproximados posibles
vinagre	agrio, ácido acético	encurtidos
café	café	tostadura
cebolla	cebolla	sulfúreo
clavo de especia	clavo de especia, eugenol	especia, canela
semilla de anís	anetol, anís	regaliz
canela	canela, eugenol	especia, clavo de especia
vainilla	vainilla	dulce
pimienta negra	pimienta	picante
mostaza preparada	mostaza	encurtidos
cetona	acetona	quita esmalte
alcohol	alcohol, etanol	vodka
extracto de almendra	almendra	dulce
ajo	ajo, alicina	sulfúreo
limón	limón, agrio, ácido	fruta cítrica
miel	miel	dulce

APÉNDICE 3

Entrenamiento y Monitoreo del Panel de Evaluación de la Textura de Frijol

Un panel sensorial fue entrenado específicamente para evaluación de textura de frijol en el INCAP. Las características de textura a ser evaluadas y las técnicas para la evaluación del frijol (Apéndice 4) fueron inicialmente desarrolladas por un panel entrenado, en el Departamento de Alimentos y Nutrición de la Universidad de Manitoba. Las muestras de frijol fueron evaluadas utilizando escalas lineales; alimentos de referencia fueron también seleccionados (Apéndice 5) para marcar los puntos finales de la escala lineal para cada característica de textura, excepto masticabilidad. Los panelistas de INCAP fueron entrenados utilizando las técnicas, boleta y referencias, desarrolladas para cada característica en Manitoba. La boleta se muestra en el Apéndice 6.

La primera fase del entrenamiento consistió en presentar a los panelistas las referencias de los puntos finales de la escala, para cada una de las características de textura que se debía evaluar. A cada panelista se le presentó una bandeja conteniendo la boleta e instrucciones para evaluar las características específicas de textura, además de las muestras de referencia. El líder del panel revisó las definiciones de las características texturales e ilustró las técnicas que debían emplearse en el proceso de evaluación. Cada panelista practicó las técnicas, utilizando las muestras de referencia. Después de una discusión para asegurar que los panelistas habían comprendido los procedimientos, se presentaron muestras de frijol cocido que tenían una gran variabilidad en los parámetros de textura examinados y se pidió a los panelistas que las evaluaran y marcaran en la escala lineal varias veces. De esta manera, los panelistas obtuvieron experiencia tanto en la evaluación de la intensidad de características específicas de la textura de frijol, como en el uso de la escala lineal para evaluar las muestras.

Después de haber evaluado las muestras de frijol, los panelistas o el líder, convirtieron las marcas hechas en las escalas lineales a puntajes numéricos, midiendo la distancia en cm y convirtiéndola a puntajes, utilizando la relación $0,5 \text{ cm} = 1 \text{ unidad de puntaje}$. En un pizarrón, se hizo una lista de los puntajes otorgados por cada panelista, con el objeto de discutirlos y compararlos. A pesar de que los puntajes variaron entre un panelista y otro, la mayoría de ellos consiguió ordenar las muestras de frijoles en forma constante. Es más importante que la relación entre los productos sea constante (es decir, la muestra A siempre

se evalúa como más blanda que la muestra B) y que los panelistas sean consistentes en pruebas repetitivas, que el hecho de que todos los panelistas den a las muestras puntajes idénticos; a pesar de ello, el entrenamiento impartido debería hacer que los puntajes de los panelistas sean más parecidos. El líder del panel volvió a examinar las definiciones y técnicas de evaluación, con aquellos panelistas que habían evaluado los productos en un orden equivocado; estos panelistas evaluaron las muestras nuevamente. El mismo proceso de entrenamiento fue repetido, utilizando muestras comparables de frijol, durante varias sesiones (días), hasta que los panelistas se sintieran cómodos con la técnica a utilizarse y se mejorara la repetibilidad de sus evaluaciones.

El próximo paso en el entrenamiento del panel de evaluación de textura en INCAP, consistió en que el panel evaluara una variedad de muestras de frijol negro cocido, que tenían diferencias de textura menos evidentes junto con muestras con grandes diferencias de textura. Por ejemplo, en la evaluación de dureza se prepararon y sirvieron muestras que estaban obviamente crudas (duras), muestras cocidas al punto óptimo y muestras sobre-cocidas (suaves), junto con muestras que tenían diversos grados de dureza.

Con el objeto de monitorear el desempeño de la tarea de los panelistas, se evaluaron las mismas seis muestras de frijol, en cuatro ocasiones diferentes. Se evaluó la dureza, tamaño de partículas, dureza de cáscara y masticabilidad de las muestras y se prepararon para que tuvieran una gran gama de diferencias en cada uno de estos atributos. Con el objeto de evaluar los datos de cada panelista individualmente, para cada característica medida, se hizo un análisis de varianza con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Se calcularon los valores F de cada tratamiento para los puntajes de cada panelista y se usaron como una medida de la habilidad del panelista para discriminar entre las muestras de frijol y repetir su juicio, respecto a cada atributo. Las características que requerían más entrenamiento (aquellas que los panelistas calificaron inconsistentemente), fueron identificadas. Los resultados de estos análisis fueron discutidos con el panel, para dar a los panelistas un incentivo para mejorar o mantener la calidad en el desempeño en la tarea. Posteriormente, se hizo una segunda evaluación del panel. El entrenamiento del panel concluyó, cuando la mayoría de los panelistas podían discriminar las muestras sin dificultad y podían reproducir sus evaluaciones en forma constante. Aquellos panelistas que continuaban teniendo problemas y que no podían reiterar sus evaluaciones, fueron sacados del panel.

APÉNDICE 4

Técnicas para Evaluar las Características de la Textura de los Frijoles Cocidos

DUREZA: Mastique la muestra de frijoles (2 frijoles) una sola vez con las muelas y evalúe la fuerza necesaria para penetrar la muestra.

TAMAÑO DE PARTICULAS: Mastique la muestra (2 frijoles) con los molares sólo dos o tres veces y luego frote el cotiledón entre la lengua y el paladar para evaluar el tamaño de las partículas más evidentes.

DUREZA DE CASCARA: Separe la cáscara del cotiledón masticando los frijoles (2 frijoles) con los molares y saque el cotiledón presionando la lengua contra el paladar. A continuación evalúe la fuerza necesaria para partir la cáscara con los incisivos.

MASTICABILIDAD: Coloque en la boca una muestra de frijoles (2 frijoles) y mastique a un ritmo constante (una masticación por segundo), cuente el número de masticaciones antes de que la muestra esté lista para tragar.

APÉNDICE 5

Alimentos Usados como Puntos de Referencia en los Paneles de Evaluación de la Textura de los Frijoles

Característica textural ¹	Estado final	Punto de referencia
Dureza	blando duro	queso crema ³ — cubo de 1 cm queso parmesano ³ — cubo de 1 cm
Tamaño de partícula ²	sin partículas granuloso	mantequilla ³ — cubos de 1 cm maníes molidos grueso
Dureza de la cáscara	cáscara blanda cáscara dura	frijoles de careta (cocidos por 2 horas) frijoles blancos comunes (cocidos por 1 hora 50 minutos)

¹ En la masticabilidad no hay puntos de referencia porque se usó como medida de la masticabilidad el número de masticaciones.

² Durante la capacitación también se usaron como puntos de referencia para almidonoso (5% a/v de pasta de almidón de maíz disuelta en agua) y granuloso (semolina cocida — crema de trigo).

³ Servida directamente del refrigerador. Todas las demás se sirvieron a temperatura ambiente.

APÉNDICE 6

Boleta de Escala Lineal Usada en los Paneles de Evaluación de la Textura de los Frijoles

Usando las técnicas correspondientes para evaluar la textura, evalúe las muestras de acuerdo con los siguientes parámetros. Primero evalúe las muestras de referencia que sirven para establecer puntos de referencia y a continuación evalúe las muestras identificadas con números codificados. Trace una línea para marcar la intensidad relativa de las muestras de frijoles identificadas con números codificados en cada una de las escalas de línea, *poniendo el número de código de la muestra encima de la línea.*

MASTICACION INICIAL

Dureza	
	suave dura

FASE MASTICATORIA

Tamaño de partículas	
	fina gruesa

Dureza de cáscara	
	suave dura
	(apenas distinguible del cotiledón) (correoso)

MASTICABILIDAD

Código	Número de masticaciones

APÉNDICE 7

Tablas Estadísticas

Los autores desean expresar su agradecimiento a las personas que autorizaron el uso de las siguientes tablas:

- Tablas 7.2 & 7.9 — Reproducido de E.B. Roessler, R.M. Pangborn, J.L. Sidel y H. Stone, "Expanded Statistical Tables for Estimating Significance in Paired-Preference, Duo-Trio and Triangle Tests." *Journal of Food Science*, 43:940-943, 947, 1978.
- Tablas 7.3 & 7.4 — Reproducido de G.J. Newell y J.D. MacFarlane, "Expanded Tables for Multiple Comparison Procedures in the Analysis of Ranked Data." *Journal of Food Science*, 52:1721-1725, 1987.
- Tablas 7.5. & 7.6 — Reproducido de M. Merrington, C.M. Thompson y E.S. Pearson, "Tables of Percentage Points of the Inverted Beta (F) Distribution." *Biometrika*, 33:73-88, 1943, con permiso de los miembros del directorio de Biometrika.
- Tablas 7.7 & 7.8 — Reproducido de H.L. Harter, "Critical Values for Duncan's New Multiple Range Test." *Biometrics*, 16:671-685, 1960, con permiso de la Sociedad de Biométrica.
- Tablas 7.10 & 7.11 — Reproducido de E.S. Pearson y N.D. Hartley (ed.), Table 29 in "Biometrika Tables for Statisticians", Vol. 1, 3a edición (1966), con permiso de los miembros del directorio de Biometrika.

TABLA 7.1
Tabla de Números Aleatorios

92	73	35	54	98	26	56	39	28	82	91	43	06	93	24	72	00	82	80	75	85	19	70	64	43
16	51	87	38	01	90	16	71	58	81	97	58	00	77	86	36	00	66	83	36	01	19	53	58	68
33	17	94	03	07	27	41	40	81	74	55	96	82	24	83	90	41	63	36	50	48	18	86	67	17
27	57	83	36	77	07	53	58	09	94	24	00	21	76	21	58	55	77	99	65	52	38	17	40	90
61	29	94	65	15	91	54	01	44	49	97	49	97	99	48	94	72	47	63	35	36	06	68	95	71
83	81	58	29	20	93	72	49	83	27	06	73	46	53	80	05	74	62	18	31	95	28	64	99	86
19	73	59	65	95	16	27	57	65	41	36	49	07	54	07	43	91	74	14	40	95	28	57	76	51
32	47	42	59	60	96	19	56	32	02	16	03	06	41	98	79	75	15	66	64	63	29	50	27	92
19	44	93	63	76	45	72	47	25	60	18	69	63	00	95	80	72	06	98	19	73	61	99	74	05
75	87	08	73	42	32	58	61	49	91	95	40	38	76	23	84	49	63	08	97	68	61	99	05	55
09	88	60	27	23	44	53	22	40	86	35	87	80	47	11	96	23	64	69	33	80	49	89	24	01
40	69	87	66	60	64	95	99	77	03	79	67	71	05	99	00	48	94	87	42	18	98	77	33	81
53	54	06	47	69	72	03	60	45	24	21	42	53	79	70	87	15	89	22	45	71	80	10	29	10
48	52	50	77	53	33	50	89	98	24	19	74	34	26	41	12	11	50	40	11	58	08	97	80	25
91	52	19	84	90	77	32	15	76	35	44	71	26	06	01	91	57	51	20	03	84	44	32	90	30
56	32	08	70	52	62	85	85	53	60	00	26	26	76	80	43	56	95	78	65	20	81	11	25	21
68	54	50	25	19	38	80	73	89	22	63	34	31	24	12	88	25	99	34	44	19	08	20	74	51
41	46	28	06	13	95	62	19	35	63	90	94	04	59	81	16	57	45	02	98	97	35	35	17	44
11	91	09	05	33	02	68	19	97	21	67	79	26	16	91	54	10	56	58	61	31	24	22	34	95
78	96	49	50	26	57	35	48	61	03	38	80	07	08	00	83	09	42	96	63	45	24	01	96	21
39	00	27	47	60	83	45	25	28	77	57	99	02	56	59	98	38	25	89	65	07	91	84	67	81
58	08	80	92	56	85	62	98	67	67	95	03	17	42	26	96	44	19	06	74	31	39	97	94	27
56	81	87	37	10	56	34	49	22	78	50	96	35	45	40	21	51	98	10	18	02	06	48	96	58
36	35	32	43	44	69	88	75	56	07	86	01	84	12	25	39	71	66	87	17	89	23	53	07	31
51	93	66	36	87	42	90	04	20	32	09	36	63	34	92	02	34	96	00	65	37	61	22	15	69
68	28	29	88	56	53	00	66	27	29	08	05	73	10	47	05	21	45	98	77	01	01	48	45	39
73	21	85	37	49	94	48	60	83	76	34	69	65	58	41	14	79	53	32	88	87	69	97	80	92
02	50	08	84	77	23	90	50	36	16	69	81	53	97	43	48	06	85	37	06	81	00	48	13	19
28	49	35	23	70	84	43	13	05	94	47	13	65	25	13	95	29	93	65	45	50	12	61	20	06
84	95	64	21	30	40	87	75	49	77	07	51	00	99	20	55	96	12	18	61	80	37	92	91	91
61	67	92	67	17	03	92	42	50	75	01	98	45	10	05	78	87	90	47	73	02	98	19	89	04
25	01	68	34	92	17	99	59	73	84	82	75	01	78	64	10	09	07	09	56	08	95	86	18	94
20	72	90	17	09	02	64	44	68	72	65	83	44	44	05	96	85	90	55	00	36	28	10	04	88
72	30	42	62	43	21	12	23	11	00	08	84	12	22	08	32	56	55	63	16	06	86	46	28	40
79	89	79	56	56	52	17	02	58	37	33	20	07	40	39	35	33	98	80	47	54	03	31	08	17
41	32	02	75	96	74	65	72	58	01	74	79	29	05	29	97	26	91	36	36	20	07	46	35	19
24	59	60	88	81	13	46	20	67	80	84	81	97	94	32	14	22	07	84	10	75	77	18	14	65
48	51	76	58	18	11	55	87	94	27	60	26	92	09	00	71	97	72	05	30	14	21	83	99	46
27	05	35	96	75	06	17	26	28	05	31	20	79	16	72	27	09	62	94	26	06	78	56	42	82
19	73	48	30	37	22	73	62	86	68	06	92	82	65	10	44	54	09	11	70	91	01	26	15	61
10	59	61	30	64	18	52	97	24	80	81	40	99	83	02	28	97	79	99	29	82	37	41	79	33
06	20	64	72	63	79	92	43	52	33	86	12	76	48	29	77	02	34	49	00	40	83	62	63	94
92	42	30	97	23	74	83	22	11	41	73	53	48	10	58	00	06	97	25	53	36	01	06	61	74
86	79	11	15	34	00	26	83	82	10	48	32	37	41	48	60	89	27	58	07	74	48	23	98	74
60	88	55	02	30	59	97	88	69	09	05	03	63	84	72	26	71	02	18	54	16	61	94	44	07
74	09	21	65	09	32	54	78	17	61	41	84	72	37	06	92	44	02	30	78	43	56	00	74	48
90	75	09	73	22	45	70	71	03	26	14	31	86	14	46	21	97	96	81	73	88	04	88	37	99
14	72	51	66	03	84	60	44	03	15	66	73	62	29	38	49	58	81	94	87	98	66	17	22	98
23	20	32	85	06	98	69	68	60	11	23	40	29	11	30	95	57	54	85	83	44	82	12	48	80
47	71	02	68	97	71	72	57	50	28	00	05	44	94	39	01	47	28	79	18	60	97	87	65	41

TABLA 7.1 continuación
Tabla de Números Aleatorios

36	27	64	92	29	10	13	13	26	18	70	49	46	76	82	40	95	03	23	50	95	49	81	65	59
89	98	18	56	63	44	12	36	38	45	79	86	16	35	18	92	77	77	81	35	60	08	00	03	89
41	56	64	46	30	83	32	55	94	83	92	77	01	10	34	85	18	90	52	66	85	96	17	94	52
46	01	03	34	17	36	45	23	42	71	62	83	89	00	76	26	12	30	39	49	24	45	01	47	08
74	19	18	58	38	45	95	89	90	57	17	56	42	25	50	14	15	06	51	15	00	80	71	54	38
58	35	06	11	82	58	02	82	92	04	48	49	46	13	05	70	39	51	64	27	88	99	50	78	53
25	39	08	65	10	42	66	62	76	78	55	98	14	69	20	57	98	02	26	10	86	10	72	87	40
45	81	79	85	17	78	41	23	62	38	75	66	65	53	81	45	92	91	30	40	87	51	94	08	14
66	07	40	74	42	01	84	30	71	03	26	95	66	53	08	78	28	19	29	37	31	49	85	07	24
48	08	38	86	84	11	67	13	08	22	18	03	62	21	80	06	75	58	50	56	79	84	02	22	01
64	56	10	04	14	05	23	15	01	16	36	38	63	84	10	73	21	64	74	12	75	38	41	38	45
43	82	44	80	16	80	95	26	12	72	69	47	33	42	65	39	03	27	23	32	22	20	18	41	18
68	24	81	78	90	72	77	32	46	74	56	21	46	71	66	80	61	49	78	64	39	32	85	84	47
68	39	42	15	64	74	50	44	54	98	64	66	66	08	96	82	57	07	60	73	88	01	18	68	21
84	10	95	26	08	10	51	65	03	85	35	51	70	18	40	67	31	60	46	91	98	60	80	34	35
06	82	42	61	36	85	62	42	25	91	12	13	14	30	41	74	21	40	94	50	70	88	69	08	15
23	09	79	03	13	45	21	55	04	02	42	55	60	88	50	73	80	64	42	22	18	99	34	87	84
87	83	21	08	77	06	25	54	97	15	60	61	04	68	49	94	76	20	78	36	26	48	03	59	72
84	76	40	56	55	88	68	81	01	63	38	45	47	59	48	57	03	45	01	48	91	93	68	02	12
53	81	33	01	30	52	33	74	74	56	78	87	62	91	53	23	56	34	35	24	62	89	43	63	96
39	04	99	99	88	08	77	01	10	01	22	64	60	57	25	73	50	67	04	79	38	91	51	29	18
71	26	72	67	25	92	36	01	77	86	19	54	65	51	61	64	49	89	84	19	54	83	92	68	94
50	52	72	95	18	23	65	04	78	73	40	88	56	38	96	89	53	72	54	42	14	48	66	67	26
72	38	35	28	72	87	33	60	04	44	20	76	80	37	19	37	61	47	47	97	48	07	58	03	81
98	96	95	85	40	23	08	04	34	89	88	88	46	92	53	99	19	02	60	25	24	44	06	30	43
10	98	80	95	16	33	67	25	73	98	85	61	04	72	82	39	39	92	82	15	59	88	42	57	39
06	73	69	97	88	78	36	03	05	66	22	61	53	32	48	41	08	33	09	15	77	06	04	87	95
00	49	27	22	93	65	65	06	28	88	43	24	65	96	14	67	19	30	70	86	53	87	46	62	35
76	14	99	63	59	15	25	44	97	49	97	74	51	42	50	30	62	51	65	19	81	76	32	69	78
92	17	79	45	06	87	28	87	91	10	38	13	94	23	00	75	99	63	62	71	72	71	50	44	59
81	84	00	13	70	19	32	41	38	86	21	35	51	07	72	51	18	95	67	31	64	36	88	94	08
18	89	75	41	91	71	50	12	52	67	57	98	66	78	29	43	48	79	20	82	19	92	17	17	81
18	15	54	38	69	21	09	49	46	79	12	96	88	12	82	84	14	34	49	60	61	00	64	97	75
25	67	19	45	22	38	12	15	45	16	81	99	04	02	27	92	61	27	50	95	10	50	92	28	93
50	74	03	59	58	37	11	95	42	71	59	73	50	41	56	44	28	25	37	88	57	95	44	07	53
15	37	18	71	81	88	27	91	67	77	29	54	01	17	25	05	97	46	65	22	80	66	93	02	41
58	27	81	52	71	11	31	35	35	25	77	71	63	11	20	19	38	49	10	37	12	67	47	40	60
02	70	61	10	26	57	74	71	29	69	89	14	30	80	19	62	16	62	63	42	82	19	61	55	80
36	18	22	13	05	55	97	35	51	73	98	46	20	62	13	14	65	07	76	62	32	94	60	23	27
42	30	70	57	81	67	85	97	28	63	68	71	11	44	71	13	69	22	02	86	72	33	05	61	53
77	86	84	73	38	73	00	71	55	84	40	05	62	84	23	25	06	13	79	75	11	59	73	59	61
51	32	38	48	08	73	84	75	01	65	34	49	99	21	38	85	43	74	41	83	22	39	78	24	26
57	00	03	36	50	15	57	08	41	82	62	60	59	57	15	98	97	72	35	69	67	88	05	23	33
02	89	67	41	36	20	49	73	04	57	04	84	24	58	16	46	65	45	92	44	98	38	63	50	84
05	20	98	54	89	50	70	82	03	13	45	99	78	23	57	17	03	45	52	77	34	18	29	96	08
75	09	54	90	05	74	39	32	27	14	10	96	59	97	10	16	60	93	86	21	66	99	07	16	49
34	52	52	21	56	08	54	46	65	05	49	49	38	79	65	49	35	65	65	13	62	75	27	53	39
17	87	53	33	08	15	70	87	09	17	66	10	34	71	89	36	75	40	54	51	08	72	56	36	95
78	95	48	93	70	45	87	35	30	53	51	43	03	73	74	06	00	51	96	96	24	43	31	55	91
13	95	60	19	02	29	79	66	71	11	99	05	27	46	03	18	85	14	23	73	75	85	62	16	80

TABLA 7.2
Prueba Binomial de Dos Extremos
Probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas ($p = 1/2$)

$n \backslash X$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
3	826	312	062																																
4		688	219	031																															
5			453	125	016																														
6			727	289	070	008																													
7				508	180	039	004																												
8				754	344	109	021	002																											
9					549	227	065	011	001																										
10					774	388	146	039	006																										
11						581	267	082	022	003																									
12						791	424	180	057	013	002																								
13							807	302	118	035	007	001																							
14							804	454	210	077	021	004	001																						
15								629	332	143	049	013	002																						
16							815	481	238	096	031	008	001																						
17								648	359	187	064	019	004	001																					
18								824	503	263	115	041	012	003																					
19									664	383	189	078	027	007	001																				
20									832	523	286	134	062	017	004	001																			
21										678	405	210	093	035	011	003																			
22										839	541	307	152	064	023	007	002																		
23											690	424	230	108	043	015	004	001																	
24											845	557	327	189	076	029	009	002	001																
25												701	442	248	122	052	019	006	002																
26												851	572	345	185	087	036	013	004	001															
27													711	458	265	135	061	024	008	002	001														
28													856	585	352	200	099	043	016	005	001														
29														720	473	281	150	071	030	011	003	001													
30														880	597	377	215	100	050	020	007	002	001												
31															728	487	295	163	080	035	014	006	001												
32															864	608	392	229	121	058	024	008	003	001											
33																736	500	310	175	090	041	017	006	002											
34																888	681	405	243	132	065	029	011	004	001										
35																	743	511	324	188	099	047	020	008	003	001									
36																	871	627	418	256	143	073	034	014	005	002									
37																		749	522	337	200	108	053	024	009	003	001								
38																		875	636	430	268	154	081	038	017	008	002	001							
39																			755	533	349	211	117	060	028	012	004	001							
40																			878	644	441	280	164	086	044	020	008	003	001						
41																				761	542	380	222	126	068	032	014	005	002	001					
42																				890	652	451	291	174	096	049	023	010	004	001					
43																					786	551	371	233	135	072	036	016	007	002	001				
44																						859	461	302	184	104	054	026	011	005	002	001			
45																							771	580	382	243	144	079	040	019	008	003	001		
46																							885	685	471	312	193	111	059	029	013	006	002	001	
47																								775	598	392	253	152	085	044	021	009	004	001	
48																								899	672	480	322	203	119	085	033	015	007	003	001

Nota: Se ha omitido la coma del decimal inicial.

TABLA 7.3
Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para
las Comparaciones de “Todos los Tratamientos”
a un Nivel de Significancia de 5 %

Parellistas	Número de muestras									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

TABLA 7.4
Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos
para las Comparaciones de “Todos los Tratamientos”
a un Nivel de Significancia de 1 %

Panelistas	Número de muestras									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	—	9	12	14	17	19	22	24	27	30
4	8	11	14	17	20	23	26	29	32	36
5	9	13	16	19	23	26	30	33	37	41
6	10	14	18	21	25	29	33	37	41	45
7	11	15	19	23	28	32	36	40	45	49
8	12	16	21	25	30	34	39	43	48	53
9	13	17	22	27	32	36	41	46	51	56
10	13	18	23	28	33	38	44	49	54	59
11	14	19	24	30	35	40	46	51	57	63
12	15	20	26	31	37	42	48	54	60	66
13	15	21	27	32	38	44	50	56	62	68
14	16	22	28	34	40	46	52	58	65	71
15	16	22	28	35	41	48	54	60	67	74
16	17	23	30	36	43	49	56	63	70	77
17	17	24	31	37	44	51	58	65	72	79
18	18	25	31	38	45	52	60	67	74	81
19	18	25	32	39	46	54	61	69	76	84
20	19	26	33	40	48	55	63	70	78	86
21	19	27	34	41	49	56	64	72	80	88
22	20	27	35	42	50	58	66	74	82	90
23	20	28	35	43	51	59	67	75	84	92
24	21	28	36	44	52	60	69	77	85	94
25	21	29	37	45	53	62	70	79	87	96
26	22	29	38	46	54	63	71	80	89	98
27	22	30	38	47	55	64	73	82	91	100
28	22	31	39	48	56	65	74	83	92	101
29	23	31	40	48	57	66	75	85	94	103
30	23	32	40	49	58	67	77	86	95	105
31	23	32	41	50	59	69	78	87	97	107
32	24	33	42	51	60	70	79	89	99	108
33	24	33	42	52	61	71	80	90	100	110
34	25	34	43	52	62	72	82	92	102	112
35	25	34	44	53	63	73	83	93	103	113
36	25	35	44	54	64	74	84	94	105	115
37	26	35	45	55	65	75	85	95	106	117
38	26	36	45	55	66	76	86	97	107	118
39	26	36	46	56	66	77	87	98	109	120
40	27	36	47	57	67	78	88	99	110	121
41	27	37	47	57	68	79	90	100	112	123
42	27	37	48	58	69	80	91	102	113	124
43	28	38	48	59	70	81	92	103	114	126
44	28	38	49	60	70	82	93	104	115	127
45	28	39	49	60	71	82	94	105	117	128
46	28	39	50	61	72	83	95	106	118	130
47	29	39	50	62	73	84	96	108	119	131
48	29	40	51	62	74	85	97	109	121	133
49	29	40	51	63	74	86	98	110	122	134
50	30	41	52	63	75	87	99	111	123	135
55	31	43	54	66	79	91	104	116	129	142
60	32	45	57	69	82	95	108	121	135	148
65	34	46	59	72	86	99	113	126	140	154
70	35	48	61	75	89	103	117	131	146	160
75	36	50	64	78	92	106	121	136	151	166
80	37	51	66	80	95	110	125	140	156	171
85	38	53	68	83	98	113	129	144	160	176
90	40	54	70	85	101	116	132	149	165	181
95	41	56	71	87	103	120	136	153	169	186
100	42	57	73	89	106	123	140	157	174	191

TABLA 7.5
Distribución de F al
Nivel de Significancia de 5%

v_1 $\backslash$ v_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8452	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	6.0410	6.9988
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2066	4.1468	4.0990
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8378	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881
9	5.1174	4.2565	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.0280	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2252	3.3690	2.9751	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2540	2.1665	2.0970	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2900	2.1750	2.0867	2.0164	1.9588
∞	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799

Esta tabla da los valores de F para que $I_F(v_1, v_2) = 0,05$.

TABLA 7.5 continuación
Distribución de F al
Nivel de Significancia de 5%

$r_1 \backslash r_2$	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.09	251.14	252.20	253.25	254.32
2	19.396	19.413	19.429	19.446	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
3	8.7855	8.7446	8.7029	8.6602	8.6385	8.6166	8.5944	8.5720	8.5494	8.5265
4	5.9644	5.9117	5.8578	5.8025	5.7744	5.7459	5.7170	5.6878	5.6581	5.6281
5	4.7351	4.6777	4.6188	4.5581	4.5272	4.4957	4.4638	4.4314	4.3984	4.3650
6	4.0600	3.9999	3.9381	3.8742	3.8415	3.8082	3.7743	3.7398	3.7047	3.6688
7	3.6365	3.5747	3.5108	3.4445	3.4105	3.3758	3.3404	3.3043	3.2674	3.2298
8	3.3472	3.2840	3.2184	3.1503	3.1152	3.0794	3.0428	3.0053	2.9669	2.9276
9	3.1373	3.0729	3.0061	2.9365	2.9005	2.8637	2.8259	2.7872	2.7475	2.7067
10	2.9782	2.9130	2.8450	2.7740	2.7372	2.6996	2.6609	2.6211	2.5801	2.5379
11	2.8536	2.7876	2.7186	2.6464	2.6090	2.5705	2.5309	2.4901	2.4480	2.4045
12	2.7534	2.6866	2.6169	2.5436	2.5055	2.4663	2.4259	2.3842	2.3410	2.2962
13	2.6710	2.6037	2.5331	2.4589	2.4202	2.3803	2.3392	2.2966	2.2524	2.2064
14	2.6021	2.5342	2.4630	2.3879	2.3487	2.3082	2.2664	2.2230	2.1778	2.1307
15	2.5437	2.4753	2.4035	2.3275	2.2878	2.2468	2.2043	2.1601	2.1141	2.0658
16	2.4935	2.4247	2.3522	2.2756	2.2354	2.1938	2.1507	2.1058	2.0589	2.0096
17	2.4499	2.3807	2.3077	2.2304	2.1898	2.1477	2.1040	2.0584	2.0107	1.9604
18	2.4117	2.3421	2.2686	2.1906	2.1497	2.1071	2.0629	2.0166	1.9681	1.9168
19	2.3779	2.3080	2.2341	2.1555	2.1141	2.0712	2.0264	1.9796	1.9302	1.8780
20	2.3479	2.2776	2.2033	2.1242	2.0825	2.0391	1.9938	1.9464	1.8963	1.8432
21	2.3210	2.2504	2.1757	2.0960	2.0540	2.0102	1.9645	1.9165	1.8657	1.8117
22	2.2967	2.2258	2.1508	2.0707	2.0283	1.9842	1.9380	1.8895	1.8380	1.7831
23	2.2747	2.2036	2.1282	2.0476	2.0050	1.9605	1.9139	1.8649	1.8128	1.7570
24	2.2547	2.1834	2.1077	2.0267	1.9838	1.9390	1.8920	1.8424	1.7897	1.7331
25	2.2365	2.1649	2.0889	2.0075	1.9643	1.9192	1.8718	1.8217	1.7684	1.7110
26	2.2197	2.1479	2.0716	1.9898	1.9464	1.9010	1.8533	1.8027	1.7488	1.6906
27	2.2043	2.1323	2.0558	1.9736	1.9299	1.8842	1.8361	1.7851	1.7307	1.6717
28	2.1900	2.1179	2.0411	1.9586	1.9147	1.8687	1.8203	1.7689	1.7138	1.6541
29	2.1768	2.1045	2.0275	1.9446	1.9005	1.8543	1.8055	1.7537	1.6981	1.6377
30	2.1646	2.0921	2.0148	1.9317	1.8874	1.8409	1.7918	1.7396	1.6835	1.6223
40	2.0772	2.0035	1.9245	1.8389	1.7929	1.7444	1.6928	1.6373	1.5766	1.5089
60	1.9926	1.9174	1.8364	1.7480	1.7001	1.6491	1.5943	1.5343	1.4673	1.3893
120	1.9105	1.8337	1.7505	1.6587	1.6084	1.5543	1.4952	1.4290	1.3519	1.2539
∞	1.8307	1.7522	1.6664	1.5705	1.5173	1.4591	1.3940	1.3180	1.2214	1.0000

$$F = (s_1^2/s_2^2) = (v_2 S_1)/(v_1 S_2).$$

TABLA 7.6
Distribución de F al
Nivel de Significancia de 1 %

$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052.2	4999.5	5403.3	5624.6	5763.7	5859.0	5928.3	5981.6	6022.5
2	98.503	99.000	99.166	99.249	99.299	99.332	99.356	99.374	99.388
3	34.116	30.817	29.457	28.710	28.237	27.911	27.672	27.489	27.345
4	21.198	18.000	16.694	15.977	15.522	15.207	14.976	14.799	14.659
5	16.258	13.274	12.060	11.392	10.967	10.672	10.456	10.289	10.158
6	13.745	10.925	9.7795	9.1483	8.7459	8.4661	8.2600	8.1016	7.9761
7	12.246	9.5466	8.4513	7.8467	7.4604	7.1914	6.9928	6.8401	6.7188
8	11.259	8.6491	7.5910	7.0060	6.6318	6.3707	6.1776	6.0289	5.9106
9	10.561	8.0215	6.9919	6.4221	6.0569	5.8018	5.6129	5.4671	5.3511
10	10.044	7.5594	6.5523	5.9943	5.6363	5.3858	5.2001	5.0567	4.9424
11	9.6460	7.2057	6.2167	5.6683	5.3180	5.0692	4.8861	4.7445	4.6315
12	9.3302	6.9266	5.9526	5.4119	5.0643	4.8206	4.6395	4.4994	4.3875
13	9.0738	6.7010	5.7394	5.2053	4.8616	4.6204	4.4410	4.3021	4.1911
14	8.8616	6.5149	5.5639	5.0354	4.6950	4.4558	4.2779	4.1399	4.0297
15	8.6831	6.3589	5.4170	4.8932	4.5556	4.3183	4.1415	4.0045	3.8948
16	8.5310	6.2262	5.2922	4.7726	4.4374	4.2016	4.0259	3.8896	3.7804
17	8.3997	6.1121	5.1850	4.6690	4.3359	4.1015	3.9267	3.7910	3.6822
18	8.2854	6.0129	5.0919	4.5790	4.2479	4.0146	3.8406	3.7054	3.5971
19	8.1850	5.9259	5.0103	4.5003	4.1708	3.9386	3.7653	3.6305	3.5225
20	8.0960	5.8489	4.9382	4.4307	4.1027	3.8714	3.6987	3.5644	3.4567
21	8.0166	5.7804	4.8740	4.3688	4.0421	3.8117	3.6396	3.5056	3.3981
22	7.9454	5.7190	4.8166	4.3134	3.9880	3.7583	3.5867	3.4530	3.3458
23	7.8811	5.6637	4.7649	4.2635	3.9392	3.7102	3.5390	3.4057	3.2986
24	7.8229	5.6136	4.7181	4.2184	3.8951	3.6667	3.4959	3.3629	3.2560
25	7.7698	5.5680	4.6755	4.1774	3.8550	3.6272	3.4568	3.3239	3.2172
26	7.7213	5.5263	4.6366	4.1400	3.8183	3.5911	3.4210	3.2884	3.1818
27	7.6767	5.4881	4.6009	4.1058	3.7848	3.5580	3.3882	3.2558	3.1494
28	7.6356	5.4529	4.5681	4.0740	3.7539	3.5276	3.3581	3.2259	3.1195
29	7.5976	5.4205	4.5378	4.0449	3.7254	3.4995	3.3302	3.1982	3.0920
30	7.5625	5.3904	4.5097	4.0179	3.6990	3.4735	3.3045	3.1726	3.0665
40	7.3141	5.1785	4.3126	3.8283	3.5138	3.2910	3.1238	2.9930	2.8876
60	7.0771	4.9774	4.1259	3.6491	3.3389	3.1187	2.9530	2.8233	2.7185
120	6.8510	4.7865	3.9493	3.4796	3.1735	2.9559	2.7918	2.6629	2.5586
∞	6.6349	4.6052	3.7816	3.3192	3.0173	2.8020	2.6393	2.5113	2.4073

Esta tabla da los valores de F para la que $I_F(\nu_1, \nu_2) = 0.01$.

TABLA 7.6 continuación
Distribución de F al
Nivel de Significancia de 1 %

$\nu_1 \backslash \nu_2$	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	6055.8	6106.3	6157.3	6208.7	6234.6	6260.7	6286.8	6313.0	6339.4	6366.0
2	99.399	99.416	99.432	99.449	99.458	99.466	99.474	99.483	99.491	99.501
3	27.229	27.052	26.872	26.690	26.598	26.505	26.411	26.316	26.221	26.125
4	14.546	14.374	14.198	14.020	13.929	13.838	13.745	13.652	13.558	13.463
5	10.051	9.8883	9.7222	9.5527	9.4665	9.3793	9.2912	9.2020	9.1118	9.0204
6	7.8741	7.7183	7.5590	7.3958	7.3127	7.2285	7.1432	7.0568	6.9690	6.8801
7	6.6201	6.4691	6.3143	6.1554	6.0743	5.9921	5.9084	5.8236	5.7372	5.6495
8	5.8143	5.6668	5.5151	5.3591	5.2793	5.1981	5.1156	5.0316	4.9460	4.8588
9	5.2565	5.1114	4.9621	4.8080	4.7290	4.6486	4.5667	4.4831	4.3978	4.3105
10	4.8492	4.7059	4.5582	4.4054	4.3269	4.2469	4.1653	4.0819	3.9965	3.9090
11	4.5393	4.3974	4.2509	4.0990	4.0209	3.9411	3.8596	3.7761	3.6904	3.6025
12	4.2961	4.1553	4.0096	3.8584	3.7805	3.7008	3.6192	3.5355	3.4494	3.3608
13	4.1003	3.9603	3.8154	3.6646	3.5868	3.5070	3.4253	3.3413	3.2548	3.1654
14	3.9394	3.8001	3.6557	3.5052	3.4274	3.3476	3.2656	3.1813	3.0942	3.0040
15	3.8049	3.6662	3.5222	3.3719	3.2940	3.2141	3.1319	3.0471	2.9595	2.8684
16	3.6909	3.5527	3.4089	3.2588	3.1808	3.1007	3.0182	2.9330	2.8447	2.7528
17	3.5931	3.4552	3.3117	3.1615	3.0835	3.0032	2.9205	2.8348	2.7459	2.6530
18	3.5082	3.3706	3.2273	3.0771	2.9990	2.9185	2.8354	2.7493	2.6597	2.5660
19	3.4338	3.2965	3.1533	3.0031	2.9249	2.8442	2.7608	2.6742	2.5839	2.4893
20	3.3682	3.2311	3.0880	2.9377	2.8594	2.7785	2.6947	2.6077	2.5168	2.4212
21	3.3098	3.1729	3.0299	2.8796	2.8011	2.7200	2.6359	2.5484	2.4568	2.3603
22	3.2576	3.1209	2.9780	2.8274	2.7488	2.6675	2.5831	2.4951	2.4029	2.3055
23	3.2106	3.0740	2.9311	2.7805	2.7017	2.6202	2.5355	2.4471	2.3542	2.2559
24	3.1681	3.0316	2.8887	2.7380	2.6591	2.5773	2.4923	2.4035	2.3099	2.2107
25	3.1294	2.9931	2.8502	2.6993	2.6203	2.5383	2.4530	2.3637	2.2695	2.1694
26	3.0941	2.9579	2.8150	2.6640	2.5848	2.5026	2.4170	2.3273	2.2325	2.1315
27	3.0618	2.9256	2.7827	2.6316	2.5522	2.4699	2.3840	2.2938	2.1984	2.0965
28	3.0320	2.8959	2.7530	2.6017	2.5223	2.4397	2.3535	2.2629	2.1670	2.0642
29	3.0045	2.8685	2.7256	2.5742	2.4946	2.4118	2.3253	2.2344	2.1378	2.0342
30	2.9791	2.8431	2.7002	2.5487	2.4689	2.3860	2.2992	2.2079	2.1107	2.0062
40	2.8005	2.6648	2.5216	2.3689	2.2880	2.2034	2.1142	2.0194	1.9172	1.8047
60	2.6318	2.4961	2.3523	2.1978	2.1154	2.0285	1.9360	1.8363	1.7263	1.6006
120	2.4721	2.3363	2.1915	2.0346	1.9500	1.8600	1.7628	1.6557	1.5330	1.3805
∞	2.3209	2.1848	2.0385	1.8783	1.7908	1.6964	1.5923	1.4730	1.3246	1.0000

$F = (s_1^2/s_2^2) = (\nu_2 S_1)/(\nu_1 S_2).$

TABLA 7.7
Valores Críticos (Valores Q) de la Nueva Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan al
Nivel de Significancia de 5%

p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522	3.525	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501	3.506	3.509	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484	3.491	3.496	3.498	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470	3.478	3.484	3.488	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457	3.467	3.474	3.479	3.482	3.484	3.484	3.485	3.485	3.485
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446	3.457	3.465	3.471	3.476	3.478	3.480	3.481	3.481	3.481
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437	3.449	3.458	3.465	3.470	3.473	3.477	3.478	3.478	3.478
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429	3.441	3.451	3.459	3.465	3.469	3.473	3.475	3.476	3.476
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421	3.435	3.445	3.454	3.460	3.465	3.470	3.472	3.474	3.474
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415	3.429	3.440	3.449	3.456	3.462	3.467	3.470	3.472	3.473
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409	3.424	3.436	3.445	3.453	3.459	3.464	3.467	3.470	3.472
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390	3.406	3.420	3.432	3.441	3.449	3.456	3.461	3.465	3.469
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371	3.389	3.405	3.418	3.430	3.439	3.447	3.454	3.460	3.466
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352	3.373	3.390	3.405	3.418	3.429	3.439	3.448	3.456	3.463
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333	3.355	3.374	3.391	3.406	3.419	3.431	3.442	3.451	3.460
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314	3.337	3.359	3.377	3.394	3.409	3.423	3.435	3.446	3.457
∞	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294	3.320	3.343	3.363	3.382	3.399	3.414	3.428	3.442	3.454

$v = \text{gl(Error)}$. p = número de medias dentro de la amplitud o intervalo de variación que se comparan.

TABLA 7.7 continuación
Valores Críticos (Valores Q) de la Nueva Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan al
Nivel de Significancia de 5 %

p	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80	90	100
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626
8	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.574	3.547	3.547
10	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499
13	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485	3.485
15	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481	3.481
16	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478	3.478
17	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476	3.476
18	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474
19	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474
20	3.473	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474	3.474
24	3.471	3.475	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477	3.477
30	3.470	3.477	3.481	3.484	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486	3.486
40	3.469	3.479	3.486	3.492	3.497	3.500	3.503	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504	3.504
60	3.467	3.481	3.492	3.501	3.509	3.515	3.521	3.525	3.529	3.531	3.534	3.537	3.537	3.537	3.537	3.537	3.537
120	3.466	3.483	3.498	3.511	3.522	3.532	3.541	3.548	3.555	3.561	3.566	3.585	3.596	3.600	3.601	3.601	3.601
∞	3.466	3.486	3.505	3.522	3.536	3.550	3.562	3.574	3.584	3.594	3.603	3.640	3.668	3.690	3.708	3.722	3.735

TABLA 7.8
Valores Críticos (Valores Q) de la Nueva Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan al
Nivel de Significancia de 1 %

p	p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1		90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03
2		14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04
3		8.261	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321
4		6.512	6.677	6.740	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756
5		5.702	5.893	5.989	6.040	6.065	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074
6		5.243	5.439	5.549	5.614	5.655	5.680	5.694	5.701	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703
7		4.949	5.145	5.260	5.334	5.383	5.416	5.439	5.454	5.464	5.470	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472
8		4.746	4.939	5.057	5.135	5.189	5.227	5.256	5.276	5.291	5.302	5.309	5.314	5.316	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317
9		4.596	4.787	4.906	4.986	5.043	5.086	5.118	5.142	5.160	5.174	5.185	5.193	5.199	5.203	5.205	5.206	5.206	5.206
10		4.482	4.671	4.790	4.871	4.931	4.975	5.010	5.037	5.058	5.074	5.088	5.098	5.106	5.112	5.117	5.120	5.122	5.124
11		4.392	4.579	4.697	4.780	4.841	4.887	4.924	4.952	4.975	4.994	5.009	5.021	5.031	5.039	5.045	5.050	5.054	5.057
12		4.320	4.504	4.622	4.706	4.767	4.815	4.852	4.883	4.907	4.927	4.944	4.958	4.969	4.978	4.986	4.993	4.998	5.002
13		4.260	4.442	4.560	4.644	4.706	4.755	4.793	4.824	4.850	4.872	4.889	4.904	4.917	4.928	4.937	4.944	4.950	4.956
14		4.210	4.391	4.508	4.591	4.654	4.704	4.743	4.775	4.802	4.824	4.843	4.859	4.872	4.884	4.894	4.902	4.910	4.916
15		4.168	4.347	4.463	4.547	4.610	4.660	4.700	4.733	4.760	4.783	4.803	4.820	4.834	4.846	4.857	4.866	4.874	4.881
16		4.131	4.309	4.425	4.509	4.572	4.622	4.663	4.696	4.724	4.748	4.768	4.786	4.800	4.813	4.825	4.835	4.844	4.851
17		4.099	4.275	4.391	4.475	4.539	4.589	4.630	4.664	4.693	4.717	4.738	4.756	4.771	4.785	4.797	4.807	4.816	4.824
18		4.071	4.246	4.362	4.445	4.509	4.560	4.601	4.635	4.664	4.689	4.711	4.729	4.745	4.759	4.772	4.783	4.792	4.801
19		4.046	4.220	4.335	4.419	4.483	4.534	4.575	4.610	4.639	4.665	4.686	4.705	4.722	4.736	4.749	4.761	4.771	4.780
20		4.024	4.197	4.312	4.395	4.459	4.510	4.552	4.587	4.617	4.642	4.664	4.684	4.701	4.716	4.729	4.741	4.751	4.761
24		3.956	4.126	4.239	4.322	4.386	4.437	4.480	4.516	4.546	4.573	4.596	4.616	4.634	4.651	4.665	4.678	4.690	4.700
30		3.889	4.056	4.168	4.250	4.314	4.366	4.409	4.445	4.477	4.504	4.528	4.550	4.569	4.586	4.601	4.615	4.628	4.640
40		3.825	3.988	4.098	4.180	4.244	4.296	4.339	4.376	4.408	4.436	4.461	4.483	4.503	4.521	4.537	4.553	4.566	4.579
60		3.762	3.922	4.031	4.111	4.174	4.226	4.270	4.307	4.340	4.368	4.394	4.417	4.438	4.456	4.474	4.490	4.504	4.518
120		3.702	3.858	3.965	4.044	4.107	4.158	4.202	4.239	4.272	4.301	4.327	4.351	4.372	4.392	4.410	4.426	4.442	4.456
∞		3.643	3.796	3.900	3.978	4.040	4.091	4.135	4.172	4.205	4.235	4.261	4.285	4.307	4.327	4.345	4.363	4.379	4.394

$v = \text{gl(Error)}$. $p = \text{número de medias dentro de la amplitud o intervalo de variación que se comparan.}$

TABLA 7.8 continuación
Valores Críticos (Valores Q) de la Nueva Prueba de Amplitud Múltiple de Duncan al
Nivel de Significancia de 1 %

<i>r</i>	<i>p</i>	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	70	80	90	100
1		90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03	90.03
2		14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04
3		8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321	8.321
4		6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756	6.756
5		6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074	6.074
6		5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703	5.703
7		5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472	5.472
8		5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317	5.317
9		5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206	5.206
10		5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124	5.124
11		5.059	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061	5.061
12		5.006	5.010	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011	5.011
13		4.960	4.966	4.970	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972	4.972
14		4.921	4.929	4.935	4.938	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940	4.940
15		4.887	4.897	4.904	4.909	4.912	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914	4.914
16		4.858	4.869	4.877	4.883	4.887	4.890	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892	4.892
17		4.832	4.844	4.853	4.860	4.865	4.869	4.872	4.873	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874	4.874
18		4.808	4.821	4.832	4.839	4.846	4.850	4.854	4.856	4.857	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858	4.858
19		4.788	4.802	4.812	4.821	4.828	4.833	4.838	4.841	4.843	4.844	4.845	4.845	4.845	4.845	4.845	4.845	4.845
20		4.769	4.784	4.795	4.805	4.813	4.818	4.823	4.827	4.830	4.832	4.833	4.833	4.833	4.833	4.833	4.833	4.833
24		4.710	4.727	4.741	4.752	4.762	4.770	4.777	4.783	4.788	4.791	4.794	4.802	4.802	4.802	4.802	4.802	4.802
30		4.650	4.669	4.685	4.699	4.711	4.721	4.730	4.738	4.744	4.750	4.755	4.772	4.777	4.777	4.777	4.777	4.777
40		4.591	4.611	4.630	4.645	4.659	4.671	4.682	4.692	4.700	4.708	4.715	4.740	4.754	4.761	4.764	4.764	4.764
60		4.530	4.553	4.573	4.591	4.607	4.620	4.633	4.645	4.655	4.665	4.673	4.707	4.730	4.745	4.755	4.761	4.765
120		4.469	4.494	4.516	4.535	4.552	4.568	4.583	4.596	4.609	4.619	4.630	4.673	4.703	4.727	4.745	4.759	4.770
∞		4.408	4.434	4.457	4.478	4.497	4.514	4.530	4.545	4.559	4.572	4.584	4.635	4.675	4.707	4.734	4.756	4.776

TABLA 7.9

Prueba Binomial de Un Extremo

Probabilidad de X o más juicios correctos en n pruebas ($p = 1/3$)

$n \backslash X$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
5		808	830	810	048	004																								
6		912	840	820	100	018	001																							
7		941	737	429	173	048	007																							
8		981	808	832	280	088	020	003																						
9		974	887	823	380	148	042	008	001																					
10		983	898	701	441	213	077	020	003																					
11		988	928	788	827	289	122	039	009	001																				
12		992	948	819	807	388	178	088	019	004	001																			
13		995	981	881	878	448	241	104	038	009	002																			
14		997	973	898	739	824	310	149	088	017	004	001																		
15		998	981	921	791	898	382	203	088	031	008	002																		
16		998	988	941	834	881	483	283	128	080	018	004	001																	
17		999	990	988	870	719	822	328	172	078	027	008	002																	
18		999	993	987	898	789	888	391	223	108	043	014	004	001																
19			998	978	921	812	848	487	279	148	088	024	007	002																
20			997	982	940	848	703	821	339	191	092	038	013	004	001															
21			998	987	984	879	781	881	389	240	128	088	021	007	002															
22			998	991	988	904	794	838	480	293	183	079	033	012	003	001														
23			999	993	974	924	831	890	519	349	208	107	048	019	008	802														
24			999	998	980	941	882	737	578	408	284	140	088	028	010	003	001													
25			999	998	988	984	888	778	630	482	304	178	092	042	018	008	002													
26				997	989	984	910	818	679	518	387	220	121	088	028	009	003	001												
27				998	992	972	928	847	728	572	411	288	184	079	038	014	008	002												
28				999	994	979	943	874	788	623	484	314	191	104	080	022	008	003	001											
29				999	998	984	988	897	801	670	517	384	232	133	088	031	013	008	001											
30				999	997	988	988	918	833	714	588	418	278	188	090	043	019	007	002	001										
31					998	991	972	932	861	784	617	488	322	203	118	089	027	011	004	001										
32					998	993	978	948	888	789	682	518	370	243	144	078	038	018	008	002	001									
33					999	998	983	987	908	821	708	588	419	288	177	100	081	023	010	004	001									
34					999	998	987	988	922	849	744	612	488	330	213	128	087	033	014	008	002	001								
35					999	997	990	973	937	873	779	688	518	378	282	188	087	044	020	009	003	001								
36						998	992	978	949	898	810	697	582	422	293	187	109	088	028	012	008	002	001							
37						998	994	983	989	913	838	738	607	489	338	223	138	078	038	018	007	003	001							
38						999	998	987	987	928	863	789	680	518	381	261	164	098	081	028	011	004	002	001						
39						999	997	990	973	941	888	800	689	580	428	301	198	118	088	033	018	007	003	001						
40						999	997	992	979	982	903	829	728	603	470	342	231	144	083	044	021	010	004	001						
41							998	994	983	981	920	884	781	644	518	388	268	173	104	087	029	014	008	002	001					
42							999	998	987	988	933	878	791	683	588	428	307	208	127	073	038	019	008	003	001					
43							999	998	990	974	948	898	820	719	600	471	347	239	183	091	080	028	012	008	002	001				
44							999	997	992	980	988	912	848	783	639	514	389	278	182	111	083	033	018	007	003	001				
45							999	998	994	984	983	928	867	783	677	588	430	313	213	138	079	043	022	010	004	002	001			
46								998	998	987	970	938	887	811	713	598	472	382	248	181	088	088	029	014	008	003	001			
47								999	998	990	976	949	904	838	748	638	514	392	282	189	119	070	038	019	009	004	002	001		
48								999	997	992	980	988	919	889	778	672	584	433	318	220	142	088	048	028	012	008	003	001		
49								999	998	994	984	988	932	879	803	708	593	473	388	283	188	108	081	033	017	008	003	001		
50								999	998	998	987	972	943	898	829	739	631	513	398	287	198	128	078	042	022	011	008	002	001	

Nota: Se ha omitido la coma del decimal inicial.

TABLA 7.10
Puntos de Porcentaje de la Amplitud o Intervalo de Variación Estudiantizada
Los Puntos Superiores al 5 %

$\nu \backslash n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	18.0	27.0	32.8	37.1	40.4	43.1	45.4	47.4	49.1	50.6	52.0	53.2	54.3	55.4	56.3	57.2	58.0	58.8	59.6
2	6.09	8.3	9.8	10.9	11.7	12.4	13.0	13.5	14.0	14.4	14.7	15.1	15.4	15.7	15.9	16.1	16.4	16.6	16.8
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52	10.69	10.84	10.98	11.11	11.24
4	3.93	5.04	5.78	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.68	8.79	8.91	9.03	9.13	9.23
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	7.83	7.93	8.03	8.12	8.21
6	3.46	4.34	4.90	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14	7.24	7.34	7.43	7.51	7.59
7	3.34	4.16	4.68	5.08	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76	6.85	6.94	7.02	7.09	7.17
8	3.28	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	6.57	6.65	6.73	6.80	6.87
9	3.20	3.95	4.42	4.78	5.02	5.24	5.43	5.60	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	6.36	6.44	6.51	6.58	6.64
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.73	5.83	5.93	6.03	6.11	6.20	6.27	6.34	6.40	6.47
11	3.11	3.82	4.28	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.99	6.06	6.14	6.20	6.26	6.33
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.40	5.51	5.62	5.71	5.80	5.88	5.95	6.03	6.09	6.15	6.21
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	5.86	5.93	6.00	6.05	6.11
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.72	5.79	5.85	5.92	5.97	6.03
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.60	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.58	5.65	5.72	5.79	5.85	5.90	5.96
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	5.66	5.72	5.79	5.84	5.90
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.71	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.55	5.61	5.68	5.74	5.79	5.84
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	5.57	5.63	5.69	5.74	5.79
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.32	5.39	5.46	5.53	5.59	5.65	5.70	5.75
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	5.49	5.55	5.61	5.66	5.71
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	5.38	5.44	5.50	5.54	5.59
30	2.89	3.49	3.84	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.83	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	5.27	5.33	5.38	5.43	5.48
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82	4.91	4.98	5.05	5.11	5.16	5.22	5.27	5.31	5.36
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73	4.81	4.88	4.94	5.00	5.06	5.11	5.16	5.20	5.24
120	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.48	4.58	4.66	4.72	4.78	4.84	4.90	4.95	5.00	5.05	5.09	5.13
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55	4.62	4.68	4.74	4.80	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01

n = el tamaño de la muestra de donde se obtiene la amplitud y ν = el número de grados de libertad de s_v .

TABLA 7.11
Puntos de Porcentajes de la Amplitud o Intervalo de Variación Estudiantizada
Los Puntos Superiores al 1 %

$\nu \backslash n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	90.0	135	104	186	202	216	227	237	246	253	260	266	272	277	282	286	290	294	298
2	14.0	19.0	22.3	24.7	26.6	28.2	29.5	30.7	31.7	32.6	33.4	34.1	34.8	35.4	36.0	36.5	37.0	37.5	37.9
3	8.26	10.6	12.2	13.3	14.2	15.0	15.6	16.2	16.7	17.1	17.5	17.9	18.2	18.5	18.8	19.1	19.3	19.5	19.8
4	6.51	8.12	9.17	9.90	10.6	11.1	11.5	11.9	12.3	12.6	12.8	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.2	14.4
5	5.70	6.97	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24	10.48	10.70	10.89	11.08	11.24	11.40	11.55	11.68	11.81	11.93
6	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10	9.30	9.49	9.65	9.81	9.95	10.08	10.21	10.32	10.43	10.54
7	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37	8.55	8.71	8.86	9.00	9.12	9.21	9.35	9.46	9.55	9.65
8	4.74	5.63	6.20	6.63	6.96	7.24	7.47	7.68	7.87	8.03	8.18	8.31	8.44	8.55	8.66	8.76	8.85	8.94	9.03
9	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.32	7.49	7.65	7.78	7.91	8.03	8.13	8.23	8.32	8.41	8.49	8.57
10	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21	7.36	7.48	7.60	7.71	7.81	7.91	7.99	8.07	8.15	8.22
11	4.39	5.14	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99	7.13	7.25	7.36	7.46	7.56	7.65	7.73	7.81	7.88	7.95
12	4.32	5.04	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81	6.94	7.06	7.17	7.28	7.36	7.44	7.52	7.59	7.66	7.73
13	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67	6.79	6.90	7.01	7.10	7.19	7.27	7.34	7.42	7.48	7.55
14	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54	6.66	6.77	6.87	6.96	7.05	7.12	7.20	7.27	7.33	7.39
15	4.17	4.83	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44	6.55	6.66	6.76	6.84	6.93	7.00	7.07	7.14	7.20	7.26
16	4.13	4.78	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35	6.46	6.56	6.66	6.74	6.82	6.90	6.97	7.03	7.09	7.15
17	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27	6.38	6.48	6.57	6.66	6.73	6.80	6.87	6.94	7.00	7.05
18	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20	6.31	6.41	6.50	6.58	6.65	6.72	6.79	6.85	6.91	6.96
19	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14	6.25	6.34	6.43	6.51	6.58	6.65	6.72	6.78	6.84	6.90
20	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09	6.19	6.29	6.37	6.45	6.52	6.59	6.65	6.71	6.76	6.82
24	3.96	4.54	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92	6.02	6.11	6.19	6.26	6.33	6.39	6.45	6.51	6.56	6.61
30	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76	5.85	5.93	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26	6.31	6.36	6.41
40	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.27	5.39	5.50	5.60	5.69	5.77	5.84	5.90	5.96	6.02	6.07	6.12	6.17	6.21
60	3.76	4.28	4.60	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45	5.53	5.60	5.67	5.73	5.79	5.84	5.89	5.93	5.98	6.03
120	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30	5.38	5.44	5.51	5.56	5.61	5.66	5.71	5.75	5.79	5.83
∞	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	5.23	5.29	5.35	5.40	5.45	5.49	5.51	5.57	5.61	5.65

n = el tamaño de la muestra de donde se obtiene la amplitud y ν = el número de grados de libertad de s .

BIBLIOGRAFÍA

OBRAS CITADAS

- Amerine, M.A, Pangborn, R.M. y Roessler, E.B. 1965. "Principles of Sensory Evaluation of Food." Academic Press, Nueva York, NY, EE.UU.
- ASTM Committee E-18. 1986. Physical requirement guidelines for sensory evaluation laboratories. STP 913. American Society for Testing and Materials, Filadelfia, PA, EE.UU.
- ASTM Committee E-18. 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. STP 758. American Society for Testing and Materials, Filadelfia, PA, EE.UU.
- ASTM Committee E-18. 1979. Manual on consumer sensory evaluation. STP 682. American Society for Testing and Materials, Filadelfia, PA, EE.UU.
- ASTM Committee E-18. 1968. Manual on sensory testing methods. STP 434. American Society for Testing and Materials, Filadelfia, PA, EE.UU.
- ASTM Committee E-18. 1968. Basic principles of sensory evaluation. STP 433. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, EE.UU.
- Basker, D. 1988. Critical values of differences among rank sums for multiple comparisons. *Food Technology*, 42(2): 79.
- Brandt, M.A., Skinner, E.Z. y Coleman, J.A. 1963. Texture profile method. *Journal of Food Science*, 28:404.
- Cairncross, S.E. y Sjostrom, L.B. 1950. Flavor profiles — A new approach to flavor problems. *Food Technology*, 4(8): 308.
- Cardello, A.V. y Maller, O. 1982. Relationships between food preferences and food acceptance ratings. *Journal of Food Science*, 47:1553.

- Caul, J.F. 1957. The profile method of flavor analysis. *Advances in Food Research*, 7:1.
- Civille, G.V. y Szczesniak, A.S. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*, 4:204.
- Daget, N. 1977. Sensory evaluation or sensory measurement? En "Nestlé Research News 1976/77," C. Boella (ed.). Nestlé Products Technical Assistance Co. Ltd, Suiza.
- Ennis, D.M., Boelens, H., Haring, H. y Bowman, P. 1982. Multivariate analysis in sensory evaluation. *Food Technology*, 36 (11):83.
- Gacula, M.C. Jr. y Singh, J. 1984. "Statistical Methods in Food and Consumer Research." Academic Press, Nueva York, NY, EE.UU.
- IFT Sensory Evaluation Division. 1981. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. *Food Technology*, 35 (11):50.
- Jellinek, G. 1985. "Sensory Evaluation of Food: Theory and Practice." Ellis Horwood, Chichester, Sussex, Inglaterra.
- Joanes, D.N. 1985. On a rank sum test due to Kramer. *Journal of Food Science*, 50:1442.
- Larmond, E. 1977. "Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments en laboratoire". Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa, ON, Canadá. Publicación 1637/F.
- McPherson, R.S. y Randall, E. 1985. Line length measurement as a tool for food preference research. *Ecology of Food and Nutrition*, 17 (2):149.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V. y Carr, B.T. 1987. "Sensory Evaluation Techniques" (tomes I y II). CRC Press, Boca Raton, FL, EE.UU.

- Moskowitz, H.R. 1983. "Product Testing and Sensory Evaluation of Foods: Marketing and R & D Approaches." Food and Nutrition Press, Westport, CN, EE.UU.
- Newell, G.J. y MacFarlane, J.D. 1987. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *Journal of Food Science*, 52:1721.
- O'Mahony, M. 1986. "Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures." Marcel Dekker, Nueva York, NY, EE.UU.
- O'Mahony, M. 1982. Some assumptions and difficulties with common statistics for sensory analysis. *Food Technology*, 36(11):75.
- Pangborn, R.M.V. 1986. Sensory techniques of food analysis. En "Food Analysis Principles and Techniques: Volume 1 — Physical Characterization," D.W. Gruenwedel y J.R. Whitaker (ed.). Marcel Dekker, Nueva York, NY, EE.UU.
- Piggott, J.R. (ed.). 1984. "Sensory Analysis of Foods." Elsevier Applied Science Publishers, Londres, Inglaterra.
- Powers, J.J. 1984. Using general statistical programs to evaluate sensory data. *Food Technology*, 38(6):74.
- Powers, J.J. 1981. Multivariate procedures in sensory research: scope and limitations. *MBAA Technical Quarterly*, 18(1):11.
- Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1980. "Statistical Methods" (7a ed.). Iowa State University Press, Ames, IA, EE.UU.
- Steele, R.G.D. y Torrie, J.H. 1980. "Principles and Procedures of Statistics" (2a ed.). McGraw-Hill, Nueva York, NY, EE.UU.
- Stone, H. y Sidel, J.L. 1985. "Sensory Evaluation Practices". Academic Press, Nueva York, NY, EE.UU.

Stone, H., Sidel, J.L. y Bloomquist, J. 1980. Quantitative descriptive analysis. *Cereal Foods World*, 25(10):642.

Stone, H., Sidel, J.L., Oliver, S., Woolsey, A. y Singleton, R.C. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, 28(11):24.

Stungis, G.E. 1976. Overview of applied multivariate analysis. En "Correlating Sensory Objective Measurements — New Methods for Answering Old Problems." ASTM STP 594. American Society for Testing and Materials, Filadelfia, PA, EE.UU.

Szczesniak, A.S. 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28:385.

Szczesniak, A.S., Brandt, M.A. y Friedman, H.H. 1963. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *Journal of Food Science*, 28:397.

Zook, K. y Wessman, C. 1977. The selection and use of judges for descriptive panels. *Food Technology*, 31(11):56.

REFERENCIAS ADICIONALES

AMSA. 1978. Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat. American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board.

Bieber, S.L. y Smith, D.V. 1986. Multivariate analysis of sensory data: A comparison of methods. *Chemical Senses*, 11(1):19.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7):62.

- Cardello, A.V., Maller, O., Kapsalis, J.G., Segars, R.A., Sawyer, F.M., Murphy, C. y Moskowitz, H.R. 1982. Perception of texture by trained and consumer panelists. *Journal of Food Science*, 47:1186.
- Civille, G.V. 1978. Case studies demonstrating the role of sensory evaluation in product developments. *Food Technology*, 32(11):59.
- Cross, H.R., Moen, R. y Stanfield, M.S. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technology*, 32(7):48.
- Gatchalian, M.M. 1981. "Sensory Evaluation Methods with Statistical Analysis." College of Home Economics, University of the Philippines, Diliman, Filipinas.
- Larmond, E. 1973. Physical requirements for sensory testing. *Food Technology*, 27(11):28.
- Moskowitz, H.R. 1978. Magnitude estimation: notes on how, what, where and why to use it. *Journal of Food Quality*, 1:195.
- Moskowitz, H.R. 1974. Sensory evaluation by magnitude estimation. *Food Technology*, 28(11):16.
- Roessler, E.B., Pangborn, R.M., Sidel, J.L. y Stone, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science*, 43:940.
- Sidel, J.L. y Moskowitz, H.R. 1971. Magnitude and hedonic scales of food acceptability. *Journal of Food Science*, 36:677.
- Sidel, J.L. y Stone, H. 1976. Experimental design and analysis of sensory tests. *Food Technology*, 30(11):32.

Sidel, J.L., Stone, H. y Bloomquist, J. 1981. Use and misuse of sensory evaluation in research and quality control. *Journal of Dairy Science*, 64:2296.

Szczesniak, A.S., Lowe, B.J. y Skinner, E.L. 1975. Consumer textural profile technique. *Journal of Food Science*, 40:1253.

Wolfe, K.A. 1979. Use of reference standards for sensory evaluation of product quality. *Food Technology*, 33(9):43.

GLOSARIO

Las explicaciones, definiciones de términos y sinónimos, fueron escritas tomando como base las siguientes referencias:

Collazo, J. 1980. *Encyclopedic Dictionary of Technical Terms*. McGraw-Hill, Nueva York, NY, EE.UU.

De Toro y Gisbert, M. (ed.) 1967. *Pequeño Larousse Ilustrado*. Ediciones Larousse, París, Francia.

García-Díaz, R. 1983. *Diccionario Técnico Inglés-Español*. Ed. Limusa S.A., México DF, México.

Horta-Massaness, J. 1978. *Diccionario de Sinónimos e Ideas Afines de la Rima*. Paraninfo, S.A., Madrid, España.

Pey, S. y Ruiz, J. 1973. *Diccionario de Sinónimos, Ideas Afines y Contrarios*. Ed. Teide S.A., Barcelona, España.

Wittig de Peña, E. *Evaluación Sensorial: Una Metodología Actual para Tecnología de Alimentos*. Talleres Gráficos USACH, Chile.

TERMINOS Y DEFINICIONES

Aceptabilidad (*n*) — Actitud hacia un producto, expresada por un consumidor; frecuentemente indica el uso real del producto (compra o consumo).

Ageusia (*n*) — falta o defecto de la sensibilidad a estímulos del gusto.

Análisis sensorial — Disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar reacciones hacia aquellas características de alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

Análisis de varianza — Procedimiento matemático utilizado para segregar las fuentes de variabilidad que afectan a un grupo de observaciones; es utilizada para evaluar si las medias de varias muestras difieren de alguna forma o si son las mismas.

Anosmia (*n*) — Pérdida o defecto en la sensibilidad hacia estímulos de olor.

Arbitrario (*adj*) — Basado en, o sujeto a, un juicio individual o personal.

Atributo (*n*) — Una característica percibida; cualidad distintiva, aspecto de un producto alimentario.

Boleta (*n*) — Un formulario utilizado por los panelistas para anotar puntajes, decisiones y comentarios respecto a las muestras; usualmente incluye instrucciones para los panelistas, relacionadas con el tipo de prueba a realizarse.

Calidad (*n*) — Grado de excelencia.

Característica (*n*) — Propiedades de olor, sabor, textura y apariencia en un producto.

Categoría (*n*) — Una división definida en un sistema de clasificación.

Clasificar (*v*) — Ordenar en categorías predeterminadas.

Codificar (*v*) — Asignar símbolos, usualmente números aleatorios de 3 dígitos, a las muestras que van a ser presentadas sin identificación, a los panelistas.

Confiabilidad (*n*) — Grado en que una característica puede ser medida consistentemente en repetidas ocasiones.

Confiable (*adj*) — Medir lo que el experimentador espera medir, seguro.

Conservador (*adj*) — Moderado, cauteloso.

Consistencia (*n*) — Acuerdo o armonía entre las partes; uniformidad.

Consumidor (*n*) — Individuo que obtiene o usa un bien.

Control escondido (*n*) — Muestra de referencia cuya identificación es conocida únicamente por el investigador. Es codificada y presentada con las muestras experimentales.

Convencional (*adj*) — Aprobado por o seguido para uso general; usual, ordinario.

Cualitativo (*adj*) — Relacionado a calidad; se refiere a la variación en clase más que en grado.

Cuantitativo (*adj*) — Relacionado a número o cantidad.

Definición (*n*) — Enunciado del significado de una palabra, frase o término; el acto de hacer claro y distintivo.

Dígito (*n*) — Número que puede expresarse con una sola cifra; número inferior a diez.

Discriminar (v) — Percibir o detectar una diferencia entre dos o mas estímulos.

Efecto (n) — Algo obtenido por una causa o agente; resultado.

Eficiente (adj) — Desempeñando o produciendo efectivamente con un mínimo de pérdida o esfuerzo.

Error experimental — Medida de la variación que existe entre observaciones en muestras tratadas en forma similar.

Escala (n) — Un sistema de marcas o divisiones a intervalos específicos, utilizada en mediciones. Las escalas pueden ser gráficas, descriptivas o numéricas.

Escala categorizada — Una escala dividida en clasificaciones numéricas o descriptivas.

Escala hedónica — Una escala en la que el grado en que gusta o desagrada un producto es anotado.

Escalonar (v) — Arreglar en períodos de tiempo alternados o superpuestos.

Estadística (n) — Las matemáticas de la colección, organización e interpretación de datos numéricos, particularmente el análisis de características de población por inferencia de una muestra.

Estandarizar (v, del inglés to standardize) — Adaptar a una norma, patrón, tipo o modelo.

Estímulo (n) — Cualquier cosa que causa una respuesta.

Evaluación sensorial — Ver análisis sensorial.

Expectorar — Sacar de la boca; escupir.

Factores psicológicos — Aquellos que involucran la mente o las emociones.

Formulario (*n*) — Documento impreso con espacio disponible para información que será insertada.

Frecuencia (*n*) — El número de respuestas que caen dentro de una categoría o intervalo específico.

Hedónico (*adj*) — Grado en que gusta o desagrada.

Hipótesis (*n*) — Una expresión de las suposiciones de un investigador concerniente al resultado de su investigación, que está sujeta a verificación o prueba. Puede ser derivada de una teoría, puede ser basada en observaciones pasadas o meramente un presentimiento.

Husmear (*v*) — Evaluar un olor, inhalando aire audible y abruptamente por la nariz.

Ilustrar (*v*) — Clarificar, con el uso de ejemplos o comparaciones.

Independiente (*adj*) — Libre de influencia, guía o control de otros.

Inferencia (*n*) — Suposición científica acerca de una población, basada en datos de una muestra.

Intensidad (*n*) — Fuerza percibida de un estímulo.

Interacción (*n*) — La medida de cuánto, el efecto del cambio del nivel de un factor influye en el nivel o niveles de otro u otros.

Liberal (*adj*) — Tolerante, generoso.

Líder del panel — La persona responsable de organizar, conducir y dirigir un panel.

Lote — Cantidad definida de un producto alimenticio, escogida de una población de ese alimento, de la cual las muestras son extraídas.

Media — Suma de todos los puntajes, dividida por el número de puntajes.

Muela — Diente con una amplia corona para moler el alimento.

Muestra (*n*) — Porción, pieza o segmento tomado como representativo de un todo y presentado para inspección.

Muestra al azar — Lote o muestra escogida, de tal forma que todos los miembros de la población tienen igual oportunidad de ser seleccionados.

Monitorear (*n*) — Chequear, observar o tener seguimiento de.

Notorio (*adj*) — Rápidamente observado; evidente.

Olor (*n*) — Característica que puede ser percibida por el sistema olfativo.

Orientar (*v*) — Familiarizar o adaptar a los participantes con una situación.

Paladar (*n*) — El cielo de la boca.

Panel (*n*) — Un grupo de evaluadores que ha sido seleccionado o designado de alguna manera, para participar en una prueba sensorial.

Panel de consumidores — Un grupo de individuos representativo de una población específica, cuyo comportamiento es medido o evaluado.

Panelista (*n*) — miembro de un panel.

Percible (*adj*) — fácilmente destruido o dañado.

Percibir (v) — Darse cuenta de la presencia de un estímulo, a través de los sentidos

Prueba afectiva — Prueba utilizada para evaluar actitudes subjetivas tales como preferencia, aceptabilidad y/o grado en que gusta un alimento. Esta prueba usa panelistas sin entrenamiento.

Prueba analítica — Prueba utilizada por panelistas entrenados para evaluar productos en el laboratorio. La evaluación es en términos de diferencias o similitudes y para la identificación y cuantificación de características sensoriales.

Prueba binaria — Una prueba utilizada para evaluar la frecuencia de ocurrencia en dos categorías; es utilizada cuando solamente dos posibles respuestas son permitidas.

Prueba descriptiva — Prueba utilizada para medir la intensidad percibida de una propiedad o característica sensorial.

Prueba de diferencia — Prueba utilizada para determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes.

Prueba de Ji-cuadrado — Prueba no paramétrica utilizada para determinar si existen diferencias significativas entre un número observado y un número esperado de respuestas, que caen en cada una de las categorías designadas por el investigador. Esta prueba es utilizada para probar hipótesis en relación a la frecuencia de ocurrencia de cierto número de categorías.

Porción (n) — Una sección o parte dentro de un todo.

Precisión (n) — Similitud entre mediciones repetidas.

Preferencia (n) — Inclinação expresada hacia un producto o productos en vez de otros.

Probabilidad (*n*) — La posibilidad u oportunidad de que un evento suceda.

Puntaje (*n*) — Valores asignados a respuestas específicas en una prueba.

Reclutar (*v*) — Buscar y alistar a individuos como participantes.

Referencia (*n*) — Una muestra constante, contra la cual las otras muestras son comparadas o contra la cual los términos descriptivos son calibrados.

Repetición (*n*) — Reproducción independiente de un experimento, bajo condiciones experimentales idénticas.

Representativo (*adj*) — Típico de otros en la misma categoría, grupo o población. Una muestra representativa de consumidores debería ser comparable a la población de usuarios en edad, sexo, grupo socio-económico, ocupación, etc.

Sabor residual (*n*) — La experiencia, que bajo ciertas condiciones sigue después de remover un estímulo del gusto.

Sabores basicos (*n*) — Dulce, salado, ácido y amargo.

Sensibilidad (*n*) — Habilidad de los individuos para percibir diferencias cualitativas y cuantitativas en características sensoriales; agudeza.

Sensorial (*adj*) — Relacionado con la acción de los órganos de los sentidos.

Sentido (*n*) — Cualquiera de las funciones de oído, vista, olfato, tacto o gusto.

Significancia (*n*) — Nivel de probabilidad de que las diferencias entre muestras o tratamientos, sean reales y no debidas a una variación por casualidad.

Simultáneamente — Sucedido o hecho al mismo tiempo.

Tamizar (pre-selección) — Separar o eliminar individuos que son completamente inadecuados para evaluación sensorial, a través de pruebas de agudeza y percepción sensorial.

Tratamiento (*n*) — Procedimiento cuyo efecto es medido y comparado con otros tratamientos.

Validez (*n*) — Seguridad de que una característica que se supone está siendo medida, esté siendo realmente medida. Grado en que los resultados son consistentes con los hechos.

Válido (*adj*) — Obtener las conclusiones correctas y apropiadas de ciertos datos.

Valor crítico — Un criterio o punto de corte, relacionado con el nivel de significancia escogido.

SINONIMOS DE PALABRAS AFINES UTILIZADAS EN EL TEXTO

Aceptable — Pasable, tolerable, pasadero, admisible, plausible.

Acre — Irritante, picante, agrio (olor).

Agarrador — Soporte, protector, guante.

Aparador — Cristalera, trinchero, estantería, repisa, anaquel.

Atascar — Atrancar, atorar, obstruir, obstaculizar, trabar.

Azar — Casualidad, ventura, aleatorio.

Banco — Asiento, taburete, banquillo, sentadero, tajuela.

Beaker — Vaso de boca ancha, vaso picudo.

Cabina — Cubículo.

Calculo — Estimado, suposición, conjetura.

Consistencia — Uniformidad, concialiabilidad, correspondencia.

Cuenco — Plato hondo, escudilla, vasija, tazón, bolo, tazón de fuente.

Degustador — Panelista, juez, evaluador.

Desempeño — Comportamiento, modo de trabajar, eficacia, características de trabajo.

Discusión — Debate, controversia, polémica.

División — Biombo, mampara, bastidor, cancel, antiparra.

Duroport — Estireno (Styrofoam).

Encubrir — Esconder, ocultar, velar, enmascarar, disimular, simular.

Escritorio — Pupitre, canterano.

Estandarizar — Normalizar, unificar, generalizar, uniformar, tipificar, calificar.

Fregadero — Lavatrastos, lavaplatos.

Frijol — Judía, alubia, habichuela, poroto, frijol, frisuelo.

Gafas — Lentes, anteojos, quevedos, espejuelos, manecillas, antiparras.

Inocuo — No nocivo, inofensivo, inocente.

Oficina — Despacho, bufete, estudio.

Pichel — Cántaro, jarra, vasija, zalona.

Puntaje — Puntuación, puntos, calificación.

Rango — Grado, categoría, clase, orden, jerarquía.

Rotafolio — Hoja que gira o da vueltas.

Sesgo — Parcialidad, propensión.

Tapa — Cubierta, tapadera, compuerta, cobertura.

Vehículo — Conductor, portador, agente (alimento).

Yeso — Tiza.

INDICE ANALITICO

Aceptabilidad 7, 52, 53, 55
 Aceptación 65, 66, 70
 Aleatorización 49, 62, 75, 114
 Análisis cuantitativo descriptivo 112
 Análisis de componente principal 61
 Análisis de factor 61
 Análisis de variación 36, 60, 76, 77, 79, 84, 99, 103, 106, 108, 123
 Análisis diferenciador 61
 Análisis estadístico 36, 51, 56, 59, 61, 113, 114
 Análisis multivariado 61

 Bloqueo 58, 62, 63, 76

 Capacitación y entrenamiento 8, 10, 31, 34, 35, 56, 114, 122, 123
 Consumidor 7–9, 55, 66, 70, 77
 Control ciego 44
 Correlación 61
 Cuestionario 32

 Diseño experimental 5, 61–63

 Error experimental 63, 76, 100
 Escala de categorías 53, 54, 59, 66, 70, 73, 75, 77, 98
 Escala lineal 53, 54, 98, 99, 101, 122
 Estandarización 39
 Evaluación del rendimiento 14, 31, 35, 36, 43, 59, 122, 123

 Hedónico 66, 73, 75, 77, 83, 103

 Instalaciones sensoriales 11, 12, 19, 24

 Líder del panel 11, 14, 16, 19, 26, 27, 31, 32, 35, 36, 38, 52, 119, 122

 Medio acompañante 42
 Motivación de los panelistas 31, 37
 Muestra aleatoria 8, 58, 62, 79, 99, 114, 117
 Muestra de referencia 13, 39, 43, 44, 88, 122
 Muestreo 20, 39, 58

 Número aleatorio 48, 62, 75, 88, 89, 96, 99, 129

 Objetivos 51, 52, 61, 113, 114
 Orientación de los panelistas 32, 114

- Panel de consumidores 8, 9, 24, 53, 55, 58, 66, 72, 77
 Panel de plantilla 8, 9, 31, 32, 68, 69, 72, 73, 77, 92
 Panel entrenado 8–10, 31, 33, 34, 59, 92, 95, 112
 Panel no entrenado 7–9, 31, 32, 66, 9, 72, 77
 Perfil de aroma 112
 Perfil de la textura 12
 Población meta 8, 9
 Preferencia 7, 8, 35, 53, 55, 65–68
 Preparación de alimentos 7, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 27
 Probabilidad 57, 68, 69, 86, 90, 91, 94, 111
 Prueba afectiva 65
 Prueba analítica 65
 Prueba binomial 60, 67, 90
 Prueba de comparación pareada 87
 Prueba de comparaciones múltiples 60, 83, 99, 100, 109
 Prueba de diferencia menos significativa 60
 Prueba de Friedman 60, 71, 96
 Prueba de ji-cuadrado 60
 Prueba de Kramer 60
 Prueba de preferencia pareada 66–69, 87, 90
 Prueba de Scheffe 60
 Prueba de Tukey 60
 Prueba del rango múltiple de Duncan 60, 83, 84, 109
 Prueba del triángulo 33, 87–90, 92, 109
 Prueba dúo-trío 88
 Prueba estadística 13, 20, 24, 26, 57, 59, 61
 Prueba no paramétrica 59
 Prueba orientada al consumidor 7, 8, 53, 55, 58, 65, 66
 Prueba orientada al producto 7–9, 14, 53, 55, 58, 65, 86
 Prueba paramétrica 59
 Puntos finales 55, 122, 125

 Reclutamiento de panelistas 31, 32, 114
 Referencia oculta 44
 Regresión 61
 Repetición 58, 62, 63, 100, 101, 103, 105, 106, 108, 123

 Selección 33, 94, 114
 Significación 57, 67, 68, 71, 72, 77, 83, 84, 90, 91, 94, 105, 110
 Suministros 11

Sede Central

CIID, PO Box 8500, Ottawa, Ontario, Canadá K1G 3H9

Oficina Regional para América Latina y el Caribe

CIID, Casilla de Correos 6379, Montevideo, Uruguay

Oficina Regional para Asia Suroriental y Oriental

CIID, Tanglin PO Box 101, Singapore 9124, República de Singapur

Oficina Regional para Asia del Sur

CIID, 11 Jor Bagh, New Delhi 110003, India, Asia del Sur

Oficina Regional para África Oriental y Meridional

CIID, PO Box 62084, Nairobi, Kenia

Oficina Regional para Medio Oriente y Noráfrica

CIID, PO Box 14 Orman, Giza, Cairo, Egipto

Oficina Regional para África Occidental y Central

CIID, BP 11007, CD Annexe, Dakar, Senegal

Para información acerca del CIID y sus actividades, diríjase a la oficina en su región.