

# ESTUDIO ESTADÍSTICO DE PRUEBAS SENSORIALES DE HARINAS COMPUESTAS PARA PANIFICACIÓN

*Juan Carlos Surco Almendras, Juan Antonio Alvarado Kirigin*

Centro de Estudios e Investigaciones en Química de Alimentos-CEIQA del Instituto de Investigaciones Químicas- I.I.Q.  
Carrera de Química-FCPN, Universidad Mayor de San Andrés.

**Keywords:** wheat, sorghum, bakery, sensory evaluation, statistical ANOVA method analysis.

## ABSTRACT

Given the importance of developing studies of sensorial evaluation of bread baking products that are deficient in the Bolivian society, we saw the necessity to establish the theoretical-practical foundations of the statistical treatment of the sensorial evaluation of a bread baking product –obtained by mixture of wheat and sorghum flours— using the ANOVA ( $p \leq 0,05$ ) method, by means of the organization of a panel of affective judges conformed by ten persons. The sensorial evaluation applying this panel resulted adequate to establish the statistical significance of the evaluation of the product as for the color, scent, flavor, texture, appearance, hardness and global preference of baking products with a content of 10% - 15% sorghum. This study demonstrated the importance that has an appropriate experimental and methodological design of the statistical treatment to carry out a sensorial evaluation that allows determining the acceptability of a new alimentary product.

Corresponding author: [jucarsur@hotmail.com](mailto:jucarsur@hotmail.com)

## RESUMEN

Dada la importancia de desarrollar estudios de evaluación sensorial de productos de panificación que en el medio social boliviano son deficitarios, vimos la necesidad de fundamentar teórico-prácticamente el tratamiento estadístico de la evaluación sensorial de un producto de panificación con mezcla de harinas de trigo y sorgo utilizando el método ANOVA ( $p \leq 0,05$ ), mediante la organización de un panel evaluador conformado por diez jueces afectivos. La evaluación sensorial aplicando este panel resultó conveniente para establecer la significancia estadística de la evaluación del producto en cuanto al color, olor, sabor, textura, apariencia, dureza y preferencia global de productos de panificación con un contenido de 10% y 15% de sorgo<sup>1</sup>. Este estudio demostró la importancia que tiene un diseño experimental y metodológico apropiado del tratamiento estadístico para llevar a cabo una evaluación sensorial que permita determinar la aceptabilidad de un producto alimentario.

## INTRODUCCION

Las evaluaciones sensoriales permiten diversificar el uso de materias primas alternativas (sean originarias o introducidas), en la fabricación de nuevos productos alimentarios que enriquezcan la disponibilidad y el acceso a los alimentos<sup>3</sup>. No es suficiente que un nuevo producto alimentario contenga cantidades apropiadas de componentes proximales. La palatabilidad y aceptabilidad también son componentes importantes de la calidad nutricional. Si el alimento no es sensorialmente aceptable, su consumo no se constituirá en una alternativa. Por ello es importante utilizar instrumentos estadísticos como el ANOVA, que nos permitan determinar los rangos en los cuales los nuevos productos alimentarios tienen una buena aceptabilidad. Una evaluación sensorial apropiada de los nuevos alimentos es esencial, tanto para animales, como para humanos. La necesidad de sustituir –en menor o mayor grado— las fuentes tradicionales de alimentos es creciente; pues los actuales sistemas de producción tienen que abastecer a una población más grande y cada vez más exigente. En Bolivia el maíz y el trigo son utilizados mayoritariamente para el consumo directo o para ser procesados en las industrias de los alimentos<sup>3</sup>. Las limitaciones de la producción llevan a diversificar las fuentes de productos agroalimentarios y aliviar el peso de la importación para satisfacer el consumo nacional, aliviando el peso de la importación y avanzando hacia la seguridad con soberanía alimentaria.

### DISEÑO DEL PANEL EVALUADOR

La importancia de un buen diseño del panel evaluador lleva a cumplir ciertos requisitos. En el caso de evaluaciones sensoriales con jueces afectivos, aleatorios no entrenados es conveniente conformar un panel de degustación que reúna las siguientes características. En referencia al tamaño del panel se necesitan como mínimo 10 personas para que los resultados sean significativos<sup>7</sup> (los evaluadores deben ser consumidores habituales del producto evaluado, tomados al azar)<sup>2</sup>. Cuando nos referimos a la calidad desde el punto de vista del consumidor, el análisis sensorial se transforma en una herramienta de suma utilidad, y permite encontrar atributos de valor importantes para los consumidores, que sería muy difícil evaluar de otra manera. El análisis sensorial existió desde tiempos inmemoriales, considerando que el humano eligió sus alimentos, buscando una alimentación estable y agradable (Picallo, A., 2002). Su carácter de ciencia es reciente, siendo establecida y aceptada como tal en la actualidad. Sus usos son numerosos, y su utilidad indiscutida según muchos autores. Sin embargo puede presentar algunas limitantes dado que las preferencias de los consumidores varían ampliamente según las perspectivas culturales o demográficas, de un consumidor a otro, dentro de un grupo cultural o demográfico o incluso en el mismo consumidor dependiendo de muchos factores como el humor o el uso que le intenta dar al producto. (Prussia and Shewfelt, 1993)<sup>6</sup>. Para evaluar la calidad se utilizan 1) escalas objetivas basadas en instrumentos de medición y 2) métodos subjetivos basados en el juicio humano (análisis sensorial) (Kader, 1992). Al estar garantizadas la seguridad e higiene de un alimento, lo satisfactorio de sus propiedades organolépticas pasa a ser el criterio más importante que determina la elección y, más aún, la fidelidad de un consumidor hacia un producto. (Grupo Eroski, 2002). La calidad como aceptabilidad por parte del consumidor de un determinado producto está integrada por distintos aspectos recogidos por los sentidos: vista (color y defectos), olfato (aroma y sabor), tacto (manual y bucal), oído (tacto y durante la masticación) y gusto (sabor). Todos los aspectos de la calidad, tanto externos como internos, son contemplados y valorados por el consumidor a la hora de decidir sobre la adquisición de un producto para consumo en fresco. En estadística, el análisis de varianza (ANOVA) es una colección de los modelos estadísticos, y sus procedimientos asociados, en que la fluctuación observada en una variable particular es partición en componentes atribuibles a los orígenes diferentes de la variación. El método ANOVA de formulación proporciona una prueba estadística de, si los medios de varios grupos están todos iguales, y por lo tanto generalizan la prueba para que se agrupan más de dos. Estos son útiles porque, poseen una ventaja sobre una prueba de dos muestras. Hacer las pruebas múltiples de dos muestras resultaría una oportunidad, de comprometer un tipo y/o error. Por esta razón, ANOVA es útil al comparar dos, tres o más medios<sup>2</sup>. Se conocen tres clases de los modelos de ANOVA:

1. Los modelos de efectos fijos suponen que los datos vinieron de las poblaciones normales que pueden diferir sólo en sus medios. (Modelo 1)
2. Los modelos de efectos al azar suponen que los datos describen una jerarquía de poblaciones diferentes cuyas diferencias son limitadas por la jerarquía. (Modelo 2)
3. Los modelos de efecto mezclado describen las situaciones donde ambos fije y efectos al azar están presentes. (Modelo 3)

## RESULTADOS, DISCUSION

### ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO

Para el análisis organoléptico se organizó un panel de jueces aleatorios no entrenados. En ésta prueba se le aplicó al panel un test de preferencia que para evaluar la aceptabilidad y seleccionar el pan más palatable. Al panel se le solicitó, que después de su degustación respondiera cuánto le gustó o disgustó el producto, de acuerdo a la escala verbal-numérica presentada en la boletas de evaluación. Para los resultados de las respuestas al test se determinó la significación estadística de la interacción entre jueces y muestras.

## PRUEBA PILOTO

Tabla 1. Grado de aceptabilidad de los diferentes porcentajes de mezclas con 10 jueces.

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Ps-t 5%		Ps-t 10%		Ps-t 15%		Ps-t 20%		Ps-t 25%		Ps-t 30%	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	7	70	5	50	2	20	0	0	0	0	0	0
6	Me gusta moderadamente	1	10	3	30	3	30	1	10	0	0	0	0
5	Me gusta poco	1	10	2	20	3	30	2	20	0	0	0	0
4	No me gusta ni me disgusta	1	10	0	0	2	20	2	20	0	0	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	0	0	4	40	1	10	0	0
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0	1	10	2	20	1	10
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0	0	0	7	70	9	90
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>										

N = número de jueces

Para este ensayo se utilizó el test discriminatorio pareado de preferencia. En ésta prueba los panelistas seleccionaron entre las muestras, indicando si preferían una muestra sobre otra. La evaluación, por cada juez de seis muestras de mezclas de harinas de trigo-sorgo, utilizando un sistema de puntuación en una escala de 10 (puntuación individual) multiplicados al valor asignado.

Tabla 2. Respuesta de 10 jueces en las diferentes mezclas, multiplicado por 10 al valor asignado a la figura 1.

JUECES	MUESTRAS					
	A (5%)	B (10%)	C (15%)	D (20%)	E (25%)	F (30%)
1	70	70	70	60	10	10
2	60	60	60	50	10	10
3	70	60	70	40	10	10
4	70	70	60	40	10	20
5	70	70	60	30	20	10
6	70	60	50	50	10	10
7	70	70	50	30	10	10
8	50	50	40	30	30	10
9	40	50	40	20	20	10
10	70	70	50	30	10	10

Se obtuvo que las muestras de menor nivel de sustitución de harina de sorgo con harina de trigo (5, 10 y 15%) fueron las que obtuvieron un mayor puntaje en la escala (próximo a 10), no detectándose diferencias estadísticamente significativas entre muestras. Los jueces hicieron comentarios referentes al sabor y color más oscuro de las muestras, a medida que se incrementaba el porcentaje de harina de sorgo. Los panelistas consideraron que de los atributos sensoriales, el color era uno de los más determinantes. De acuerdo a los resultados se consideró que las relaciones 5:95 y 10:90 eran las mejores en cuanto a evaluación sensorial sin despreñar la relación 15:85. Este resultado comprueba el efecto significativo de la sustitución de harina de sorgo por harina de trigo, particularmente en relación con la respuesta sensorial, ya que a niveles superiores al 20% hubo rechazo del producto por parte de los panelistas. La variación entre jueces es significativa y se debe señalar que los jueces 8 y 9 dan puntuaciones más bajas que los demás jueces. Por otra parte, la interacción Juez / muestra no es significativa y por ello no se puede afirmar que los jueces discrepen en el uso de la escala.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) de las diferentes mezclas.

FV	gol	SC (SS)	CM	F (exp)	F(tab) $\alpha = 0,05$	Probabilidad %
Muestras	5	6,092	1,218	87,51	2,45	2,86
Jueces	9	0,000	0,000	0,00		
Error	45	0,627	0,014			
Total	59	6,718				

El análisis global de la varianza se calculó con los datos de la tabla 2. Estos resultados refuerzan los obtenidos mediante la prueba sensorial: las harinas preparadas con un nivel de sustitución del 5-15% tuvieron una buena evaluación en términos de calificación de atributos.

Como  $F_{exp} > F_{tab}$  se podría concluir que al menos uno de los jueces, ha producido resultados cuya media difiere de forma estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) de la que tiene el resto de los jueces. Los porcentajes de sustitución en las harinas son definitivamente fuente de variación para la respuesta. Una vez conocido esto, se debe determinar cuáles de los niveles seleccionados son los mejores, indica que a partir del valor 2,86% (Probabilidad) el ANOVA no detectaría ninguna diferencia significativa. Así, de esta manera, a mayor valor de probabilidad, existe mayor seguridad de que existen diferencias significativas. Como se obtuvo  $F_{exp} > F_{tab}$ , entonces se calcula DMS, porque existe diferencia entre las muestras para un determinado nivel de significación, según la ecuación:

$$DMS = \sqrt{t(\alpha, g) \cdot 2cme / n}$$

La  $t$  de Student según la tabla ANOVA es: 2,021

$$DMS = \sqrt{2,021 \times 2(0,0139) / 10}$$

$$DMS = 0,107$$

Se determina el valor modular de la diferencia de puntuación total de las proporciones, realizando todas las combinaciones posibles y se compara con el valor de DMS calculado.

Si  $|Ri1 - Ri2| > DMS$  hay diferencia significativa para el valor de alfa elegido.

Si  $|Ri1 - Ri2| \leq DMS$  no hay diferencia significativa para el valor de alfa elegido.

**Tabla 4.** Comparación de la diferencia modular de las medias con el valor de DMS de las diferentes mezclas.

MUESTRAS	Ri1-Ri2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS
A (5%) - B (10%)		1,2953 - 1,2917 = 0,004 <	0,107
A (5%) - C (15%)		1,2954 - 1,2284 = 0,067 <	0,107
A (5%) - D (20%)		1,2954 - 1,0548 = 0,241 >	0,107
A (5%) - E (25%)		1,2954 - 0,6038 = 0,692 >	0,107
A (5%) - F (30%)		1,2954 - 0,5260 = 0,769 >	0,107
B (10%) - C (15%)		1,2917 - 1,2284 = 0,063 <	0,107
B (10%) - D (20%)		1,2917 - 1,0548 = 0,237 >	0,107
B (10%) - E (25%)		1,2917 - 0,6038 = 0,688 >	0,107
B (10%) - F (30%)		1,2917 - 0,5260 = 0,766 >	0,107
C (15%) - D (20%)		1,2284 - 1,0548 = 0,174 >	0,107
C (15%) - E (25%)		1,2284 - 0,6038 = 0,625 >	0,107
C (15%) - F (30%)		1,2284 - 0,5260 = 0,702 >	0,107
D (20%) - E (25%)		1,0548 - 0,6038 = 0,451 >	0,107
D (20%) - F (30%)		1,0548 - 0,5260 = 0,529 >	0,107

Se observa que no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las proporciones 5%, 10% y 15% en cuanto a la calidad de la degustación. En cuanto a las proporciones 20%, 25% y 30% existe diferencia proporcional significativa ( $p > 0.05$ ) al incrementar la harina de sorgo que afectó la palatabilidad del producto, en el caso de esta prueba se utilizó el nivel de significancia del 5% determinando un nivel de confiabilidad del 97,14% el cual es considerado como un porcentaje de probabilidad aceptable<sup>4</sup>.

#### PRUEBA CON LOS PANES SELECCIONADOS

Una vez seleccionados los panes de preferencia del 5, 10 y 15% en la prueba piloto, se determinó las formulaciones elaboradas con los respectivos panes. En la evaluación, a cada juez se le explicó de manera sencilla cómo proceder a la evaluación de las características hedónicas. Luego se procedió a realizar la evaluación sensorial para detectar el nivel de agrado para color, olor, textura, sabor, apariencia y dureza, por los panelistas. Para los cálculos estadísticos se utilizó un sistema de puntuación similar al de la figura 1 de acuerdo a la siguiente correspondencia. El análisis global de la varianza se calculó con los datos de las tablas mencionadas:

Tablas 5. Grado de aceptabilidad de los diferentes porcentajes con 10 jueces en el Color, Olor, Textura, Sabor, Apariencia y Dureza.

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Color 5%		Color 10%		Color 15%	
		N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	8	80	7	70	5	50
6	Me gusta moderadamente	2	20	3	30	4	40
5	Me gusta poco	0	0	0	0	1	10
4	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	0	0
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Olor 5%		Olor 10%		Olor 15%	
		N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	8	80	6	60	5	50
6	Me gusta moderadamente	2	20	4	40	4	40
5	Me gusta poco	0	0	0	0	1	10
4	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	0	0
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Textura 5%		Textura 10%		Textura 15%	
		N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	6	60	5	50	4	40
6	Me gusta moderadamente	4	40	2	20	2	20
5	Me gusta poco	0	0	2	20	4	40
4	No me gusta ni me disgusta	0	0	1	10	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	0	0
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Sabor 5%		Sabor 10%		Sabor 15%	
		N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	7	70	5	50	6	60
6	Me gusta moderadamente	3	30	5	50	2	20
5	Me gusta poco	0	0	0	0	2	20
4	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	0	0
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Apariencia 5%		Apariencia 10%		Apariencia 15%	
		N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	7	70	7	70	4	40
6	Me gusta moderadamente	3	30	2	20	3	30
5	Me gusta poco	0	0	1	10	2	20
4	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	1	10
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad	Dureza 5%		Dureza 10%		Dureza 15%	
		N	%	N	%	N	%
7	Me gusta mucho	9	90	7	70	7	70
6	Me gusta moderadamente	1	10	3	30	2	20
5	Me gusta poco	0	0	0	0	1	10
4	No me gusta ni me disgusta	0	0	0	0	0	0
3	Me disgusta poco	0	0	0	0	0	0
2	Me disgusta moderadamente	0	0	0	0	0	0
1	Me disgusta mucho	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Tablas 6. Respuesta de 10 jueces respecto al Color, Olor, Textura, Sabor, Apariencia y Dureza multiplicando por 10 el valor asignado a la figura 1.

JUECES	MUESTRAS COLOR		
	A 5%	B 10%	C 15%
1	70	70	60
2	70	70	70
3	70	70	70
4	70	60	60
5	70	70	70
6	60	60	60
7	70	70	70
8	70	70	70
9	60	60	60
10	70	70	50

JUECES	MUESTRAS OLOR		
	A 5%	B 10%	C 15%
1	70	70	70
2	70	70	70
3	70	70	60
4	70	70	60
5	70	70	70
6	70	70	70
7	70	60	60
8	70	60	50
9	60	60	60
10	60	60	70

JUECES	MUESTRAS TEXTURA		
	A 5%	B 10%	C 15%
1	70	70	70
2	60	60	60
3	70	60	70
4	70	70	70
5	70	70	70
6	60	50	50
7	70	70	60
8	60	50	50
9	70	40	50
10	60	70	50

JUECES	MUESTRAS SABOR		
	A 5%	B 10%	C 15%
1	70	70	70
2	70	70	70
3	70	60	70
4	70	70	70
5	70	70	70
6	70	70	70
7	70	60	60
8	60	60	50
9	60	60	60
10	60	60	50

JUECES	MUESTRAS APARENCIA		
	A 5%	B 10%	C 15%
1	70	70	70
2	70	70	60
3	70	70	70
4	70	70	30
5	60	70	60
6	70	70	70
7	70	70	60
8	60	50	70
9	60	60	50
10	70	60	50

JUECES	MUESTRAS DUREZA		
	A 5%	B 10%	C 15%
1	70	70	70
2	70	70	70
3	70	70	70
4	70	70	70
5	70	70	70
6	70	60	70
7	70	70	60
8	70	70	70
9	60	60	50
10	70	60	60

Tablas 7. a) A la Izquierda: Análisis de varianza (ANOVA) respecto al Color, Olor, Textura, Sabor, Apariencia y Dureza. b) A la derecha: Comparación de la diferencia modular de las medias con el valor de DMS respecto al Color, Olor, Textura, Sabor, Apariencia y Dureza.

CV	gl	SC (ms)	CM	F <sub>(exp)</sub>	F <sub>(tab)</sub> α = 0,05	Probabilidad %
Muestras	2	0,0043	0,0021	2,42	3,55	4,56
Jueces	8	0,0000	0,0000	0,00		
Error	16	0,0189	0,0009			
Total	20	0,0232				

  

			Color		
MUESTRAS	R1-R2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS		
A (5%) - B (10%)		1,0116 - 1,0049  = 0,007 <	0,028		
A (5%) - C (15%)		1,0116 - 0,9836  = 0,028 <	0,028		
B (10%) - C (15%)		1,0049 - 0,9836  = 0,021 <	0,028		

  

CV	gl	SC (ms)	CM	F <sub>(exp)</sub>	F <sub>(tab)</sub> α = 0,05	Probabilidad %
Muestras	2	0,0039	0,0020	1,69	3,55	4,56
Jueces	8	0,0000	0,0000	0,00		
Error	16	0,0187	0,0010			
Total	20	0,0227				

  

			Olor		
MUESTRAS	R1-R2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS		
A (5%) - B (10%)		1,0138 - 1,0004  = 0,013 <	0,030		
A (5%) - C (15%)		1,0138 - 0,9858  = 0,028 <	0,030		
B (10%) - C (15%)		1,0004 - 0,9858  = 0,015 <	0,030		

  

CV	gl	SC (ms)	CM	F <sub>(exp)</sub>	F <sub>(tab)</sub> α = 0,05	Probabilidad %
Muestras	2	0,0122	0,0061	2,57	3,55	4,56
Jueces	8	0,0000	0,0000	0,00		
Error	16	0,0426	0,0024			
Total	20	0,0550				

  

			Textura		
MUESTRAS	R1-R2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS		
A (5%) - B (10%)		1,0284 - 0,9883  = 0,040 <	0,046		
A (5%) - C (15%)		1,0284 - 0,9833  = 0,045 <	0,046		
B (10%) - C (15%)		0,9883 - 0,9833  = 0,005 <	0,046		

  

CV	gl	SC (ms)	CM	F <sub>(exp)</sub>	F <sub>(tab)</sub> α = 0,05	Probabilidad %
Muestras	2	0,0026	0,0013	1,69	3,55	4,56
Jueces	8	0,0000	0,0000	0,00		
Error	16	0,0118	0,0007			
Total	20	0,0143				

  

			Sabor		
MUESTRAS	R1-R2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS		
A (5%) - B (10%)		1,0120 - 0,9986  = 0,013 <	0,024		
A (5%) - C (15%)		1,0120 - 0,9894  = 0,023 <	0,024		
B (10%) - C (15%)		0,9986 - 0,9894  = 0,009 <	0,024		

  

CV	gl	SC (ms)	CM	F <sub>(exp)</sub>	F <sub>(tab)</sub> α = 0,05	Probabilidad %
Muestras	2	0,0280	0,0140	2,37	3,55	4,56
Jueces	8	0,0000	0,0000	0,00		
Error	16	0,0088	0,0055			
Total	20	0,0368				

  

			Apariencia		
MUESTRAS	R1-R2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS		
A (5%) - B (10%)		1,0246 - 1,0167  = 0,008 <	0,070		
A (5%) - C (15%)		1,0246 - 0,9586  = 0,066 <	0,070		
B (10%) - C (15%)		1,0167 - 0,9586  = 0,058 <	0,070		

  

CV	gl	SC (ms)	CM	F <sub>(exp)</sub>	F <sub>(tab)</sub> α = 0,05	Probabilidad %
Muestras	2	0,0023	0,0012	1,93	3,55	4,56
Jueces	8	0,0000	0,0000	0,00		
Error	16	0,0160	0,0006			
Total	20	0,0183				

  

			Dureza		
MUESTRAS	R1-R2	DIFERENCIA DE MEDIAS	DMS		
A (5%) - B (10%)		1,0116 - 0,9982  = 0,013 <	0,023		
A (5%) - C (15%)		1,0116 - 0,9903  = 0,021 <	0,023		
B (10%) - C (15%)		0,9982 - 0,9903  = 0,008 <	0,023		

Respecto a las dimensiones o categorías organolépticas:

**Color:** No se presentaron diferencias significativas entre 5 y 10%, por la uniformidad en el color y presentar el color característico del pan de trigo. En la proporción del 15% se nota una aceptación mediana por parte de los panelistas. Mayores al 15%, la evaluación sensorial demuestra que el sorgo ejerce influencia sobre el color de los panes, y esto se atribuye a su composición. El color del alimento y otros aspectos de su apariencia dan la primera impresión y ayudan al consumidor para decidir sobre su aceptación o no.

**Olor:** No se presentaron diferencias significativas entre 5 - 10% sin embargo, se pudo observar que el tratamiento de 15% fue el menos preferido en comparación con las demás proporciones. El olor del pan es influenciado por múltiples factores<sup>4</sup>. A esta dificultad hay que añadir que algunos funcionan conjuntamente con otros. Por esta razón es difícil determinar la influencia directa de la presencia de harina de sorgo en el aroma del pan ya que se unen diversos factores para conformar este atributo sensorial.

**Textura:** No se presentaron diferencias significativas entre 5 y 10%, la proporción de 15%, obtuvo una evaluación pobre, lo que es posiblemente causado por el nivel de sustitución, el cual afectó la capacidad de retención del agua de la masa. La proporción de 5% fue evaluada como buena. Al sustituir harina de trigo con porcentajes elevados de harina de sorgo, la textura del pan se ve afectada ya que esta harina no posee gluten.

**Sabor:** Según los resultados las proporciones de 5 y 10% fueron las mejor evaluadas. La sustitución de 15:85, afectó el sabor dando al pan un sabor no característico.

**Apariencia:** No se presentaron diferencias significativas entre las proporciones 5% y 10% respecto a la de 15%, la inclusión de la harina de sorgo afectó el aspecto-forma del pan.

**Dureza:** Se presentan los resultados obtenidos al determinar la dureza-masticabilidad de las diferentes proporciones, no se observó efecto significativo de la sustitución de harina de sorgo en relación a la dureza.

Los panes sometidos a la prueba obtuvieron evaluaciones bastante cercanas entre sí, con puntajes de aceptabilidad, dentro del rango “me gusta poco” y “me gusta mucho”. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas según el panel de evaluación sensorial. Como  $F_{exp} < F_{tab}$  en todos los casos se puede concluir que ningún juez produjo resultados cuya media difiriese de forma estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) de los resultados de los otros jueces, la media de los grupos es igual, por lo tanto no hay diferencia significativa entre los jueces. El valor de probabilidad que se aprecia (ver tablas 7 a) según el color, olor, textura, sabor, apariencia y dureza —de manera similar para cada caso— indica un valor de probabilidad de 4,56%, a partir del cual el ANOVA no detecta ninguna diferencia significativa. Así, a menor valor de probabilidad, mayor seguridad de que no existen diferencias significativas entre los niveles.

Como  $F_{exp} < F_{tab}$ , no resulta necesario calcular el DMS, porque no presenta diferencia significativa entre las muestras para un determinado nivel de significación. Pero para demostrar que no existe dicha variación se toma en cuenta la comparación de la diferencia modular de las medias con el valor de DMS calculando para cada caso:

$$DMS = 0,028 \text{ (Dato de según el Color)}$$

En las tablas 7 b) según el color, olor, textura, sabor, apariencia y dureza no se observa diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las proporciones 5, 10 y 15% en cuanto a la calidad hedónica. Se presentan los resultados obtenidos en la prueba organoléptica (ver Tablas 5) aplicada a las 3 muestras 5, 10, y 15% de pan en el que 10 jueces no entrenados califican a los panes dentro de la escala (características típicas). Estos resultados refuerzan los obtenidos mediante la prueba sensorial de las seis mezclas hasta el 30%

## SECCIÓN EXPERIMENTAL

### *Análisis organoléptico*<sup>5</sup>

La selección de las mejores formulaciones se hizo en base a evaluaciones organolépticas (escala hedónica ver figura 1). La evaluación organoléptica da el concepto de calidad en alimentos mediante un panel de degustación y es un instrumento de los sistemas de calidad para establecer la gestión y garantía de calidad en la industria alimentaria comprendiendo el fundamento analítico químico, sensorial e instrumental empleados en el control de calidad de los alimentos.

### *En las pruebas organolépticas*

Cada muestra cuenta con un código asignado para identificar las proporciones. La evaluación organoléptica de las características de los panes se realizó en el Colegio "Bolivian High School" ubicado en la zona Chasquipampa - La Paz, con un panel de 10 personas no entrenadas, con edades comprendidas entre 18-25 años de ambos sexos elegidos al azar (juez afectivo).

### *En el panel de degustación*<sup>5</sup>

Se empleó y facilitó platos, vasos desechables, servilletas y formularios de evaluación al panel de 10 personas no entrenadas (jueces afectivos). Se les entregó muestras de panes de 20 g. Al evaluador se le pidió que respondiera cuál grado de aceptabilidad era el que prefería de acuerdo a la escala empleada.

En el diseño experimental se utilizó dos técnicas:

Prueba piloto para seleccionar los panes preferidos

Prueba con los panes seleccionados, clasificados como panes aceptables según la Prueba 1). Para ambos casos se tomó las características sensoriales de aceptabilidad de siete puntos:

Valor	Muestra grado de Aceptabilidad
7	Me gusta mucho
6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta poco
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

**Figura 1.** Escala hedónica de siete puntos de categorización.

**Fuente:** Adaptado de Anzaldúa-Morales, Año. 1994<sup>5</sup>.

### PRUEBA PILOTO

La evaluación organoléptica de los panes se llevó a cabo en dos sesiones consecutivas, realizando una prueba de preferencia. Los degustadores calificaron las seis muestras de los panes obtenidos con diferentes proporciones de mezcla de harinas de trigo y sorgo, dándoles una codificación y utilizando para la calificación una prueba de valoración y una escala hedónica de categorización no dimensionada de siete puntos:

<b>Nombre:</b> <b>Fecha:</b> <b>Edad:</b>						
Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos						
<b>Muestra grado de Aceptabilidad</b>	<b>Muestra A</b>	<b>Muestra B</b>	<b>Muestra C</b>	<b>Muestra D</b>	<b>Muestra E</b>	<b>Muestra F</b>
Me gusta mucho						
Me gusta moderadamente						
Me gusta poco						
No me gusta ni me disgusta						
Me disgusta poco						
Me disgusta moderadamente						
Me disgusta mucho						
<b>OBSERVACIONES</b>						
<b>MUCHAS GRACIAS!!!</b>						

Figura 2. Formulario de información organoléptica Prueba piloto

<b>Muestra :</b> <b>Nombre:</b> <b>Fecha:</b> <b>Edad:</b>						
Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos						
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>COLOR</b>	<b>OLOR</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>SABOR</b>	<b>APARIENCIA</b>	<b>DUREZA</b>
Me gusta mucho						
Me gusta moderadamente						
Me gusta poco						
No me gusta ni me disgusta						
Me disgusta poco						
Me disgusta moderadamente						
Me disgusta mucho						
<b>OBSERVACIONES</b>						
<b>MUCHAS GRACIAS!!!</b>						

Figura 3. Formulario de información organoléptica Panes con proporciones de mezclas seleccionadas

PRUEBA DEFINITIVA CON LOS PANES SELECCIONADOS

Los resultados obtenidos en la prueba piloto, permitieron seleccionar las proporciones de los panes elegidos para la degustación en el segundo panel de aceptación del producto por el consumidor. Como base se usó la técnica de calificación mediante la escala de intervalos descrita<sup>5</sup> y el método de escores<sup>6</sup> para la evaluación de las siguientes características organolépticas: color de la corteza, olor, textura, sabor, apariencia y dureza. Cada evaluador recibió un formulario similar al presentado en la figura 3 y una muestra codificada, para los panes con las proporciones de mezcla seleccionadas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO<sup>7</sup>

A los resultados obtenidos en ambas evaluaciones organolépticas se les aplicó la prueba de análisis de varianza y comparaciones de medias con procedimientos estadísticos, utilizando un valor de significancia de  $p < 0,05$  (escala hedónica utilizando un valor crítico obtenido de tablas para este análisis estadístico). Para determinar la existencia de homogeneidad de criterio entre catadores, verificando si existieron diferencias significativas entre las formulaciones realizadas se compararon los rangos de cada tratamiento en una prueba de comparación múltiple. Para establecer un criterio en relación a las diferencias proporcionales, que puedan indicar la intensidad de un estímulo específico de dos o más muestras, se utiliza la prueba de estimación de magnitud y los resultados se procesaron a través de ANOVA, una vez normalizados los datos<sup>7</sup>.

El procedimiento que se emplea para el ANOVA aplicado a pruebas de estimación de magnitud, es el siguiente:

Se halla la media geométrica (MG) de la respuesta de los jueces.

$$MG = \sqrt[n]{(x_1)(x_2)(x_3)...(x_n)}$$

Se calcula la constante k-ésima para cada juez. Se normaliza los datos. (Respuesta del juez K-ésimo). Se obtiene el logaritmo de los datos normalizados. Se realiza el análisis de varianza (ANOVA). Se determina DMS (sólo si se concluye, al realizar el ANOVA, que existe diferencia entre las muestras).

$$DMS = \sqrt{t(\alpha, gle) 2cme / n}$$

Donde:

DMS - Diferencia Mínima Significativa

**T:** Valor de t de Student tabulado para el nivel de significación prefijados en tablas ( $\alpha$ ) y los grados de libertad del error en el ANOVA.

**cme:** Cuadrado medio del error ANOVA. **n** : Numero de jueces

Para el análisis de los datos se utilizó el programa Excel, Office XP; y se efectuó los cálculos para cada una de las características sensoriales a evaluar.

## CONCLUSIONES

Tras el análisis de los resultados de este estudio, se obtienen varias conclusiones en la obtención de panes con diferentes porcentajes de mezcla y las preferencias de los consumidores. **1.** Los datos del panel de evaluación organoléptica permitieron determinar que los panes de mayor aceptación son los que corresponden a las formulaciones (% sorgo - % trigo): 5-95, 10-90, y 15-85; por presentar buenas evaluaciones en cuanto a los atributos organolépticos evaluados: sabor, color, olor, textura, dureza y apariencia. **2.** La coloración más oscura de las harinas compuestas, que se incrementa a medida que aumenta la proporción de sorgo oscuro, tiene una influencia en el criterio de evaluación de las harinas compuestas de trigo y sorgo, ya que el consumidor está acostumbrado a un producto con características definidas. **3.** El panel de evaluación organoléptica permitió determinar que los panes de mayor aceptación corresponden a las formulaciones 5 - 15% y lo señalo como producto preferido, con un nivel de significancia  $p > 0,046$  (95,4% de confiabilidad); por tener buenas evaluaciones de los atributos organolépticos evaluados: sabor, color, olor, textura, dureza y apariencia. El 83% de los panelistas considera que es factible la sustitución y/o complementariedad de la harina de sorgo con la harina de trigo en la fabricación de pan. La incorporación del sorgo en los panes es de alta factibilidad para mejorar el valor nutritivo del producto final y es conveniente para la salud del consumidor.

Se sugiere para futuros estudios diseñar las evaluaciones organolépticas con paneles cuya conformación tenga más de 10 jueces, elevando la calidad del proceso evaluativo y permitiendo un tratamiento estadístico a verificación evaluar si existe alguna diferencia en los cálculos estadísticos.

## ABREVIACIONES

**FV.** Fuente de Varianza.

**gl.** Grados de libertad.

**SC.** Suma de cuadrados.

**CM.** Cuadrática media.

**F (exp).** Factor Experimental estadístico.

**F (tab).** Factor según Tablas estadístico.

## CONCLUSIONES

El método de cámaras estáticas para la medición de flujos de GEI, resulto ser el mejor.

Se obtuvieron los siguientes resultado de emisiones de GEI en la laguna II-1 de "Puchukollo":

Emisiones de CH<sub>4</sub>

TEM CH<sub>4</sub> = 14,51 g/s

FE CH<sub>4</sub> = 97 272,34 g/[mg/L de DBO]

457,61 TM/año de CH<sub>4</sub>

Emisiones de CO<sub>2</sub>

TEM CO<sub>2</sub> = 2,91 g/s

FE CO<sub>2</sub> = 19 537,19 g/[mg/L de DBO]

91,91 TM/año de CO<sub>2</sub>

El flujo másico de CH<sub>4</sub> en la PTAR "Puchukollo" es de 1 416,17 TM/año y el flujo másico de CO<sub>2</sub> es de 2 635,45 TM/año.

## REFERENCIAS

1. Moscoso, J., León, G., Gil, E.; 1991 Reuso en Acuicultura de las Aguas Residuales Tratadas en Lagunas de San Juan, Sección II: Tratamiento de las Aguas Residuales y Aspectos Sanitarios. CEPIS, Lima
2. Crites, Tchobanoglous. Tratamiento de Aguas Residuales. Ed. Mc Graw Hill. Año 2,000
3. Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Ed. Mc Graw Hill 3ra. Edición. Año 1,995
4. El-Fadel, M. Massound, 2001. Methane emissions from wastewater management. Environmental Pollution
5. Hill and Barth. A fundamental approach to anaerobic lagoon analysis. Processing and management of agricultural waste - 1974
6. IPCC - 2001
7. Liu, Yang, Wu, Peng, Shang, Zhou. 2006. N<sub>2</sub>O emissions from different biological nitrogen removal processes and factors affecting N<sub>2</sub>O production. Acta Scientiae Circumstantiae
8. Park, Inamori, Mizuochi, Ahn. 2000. Emission and control of nitrous oxide from a biological wastewater treatment system with intermittent aeration. Journal of Bioscience and Bioengineering
9. Itokawa, Hanaki, Matsuo. 2001. Nitrous oxide production in high-loading biological nitrogen removal process under low DQO/NT ratio condition. Water Research
10. Aneja, Bunton, Walker, Malik, 2000. Measurement and analysis of atmospheric ammonia emissions from anaerobic lagoons. Atmospheric Environment 35 (2001) 1949-1958
11. Song, Wang, Zhao. 2005. Emission of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from freshwater marsh during freeze-thaw period in Northeast of China. Atmospheric Environment 40 (2006) 6879-6885