

FUNCIONALIDAD Y CARACTERISTICAS
ORGANOLÉPTICAS DE LA TORTILLA DE MAÍZ
SUPLEMENTADA CON HARINA DE TRIGO
SARRACENO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LOS
ALIMENTOS



FUNCIONALIDAD Y CARACTERÍSTICAS
ORGANOLÉPTICAS DE LA TORTILLA DE MAIZ
SUPLEMENTADA CON HARINA DE TRIGO
SARRACENO

ANA CECILIA BAUER JUÁREZ

Trabajo de graduación presentado para optar al
grado académico de ingeniería en Ciencias de los


Alimentos



GUATEMALA

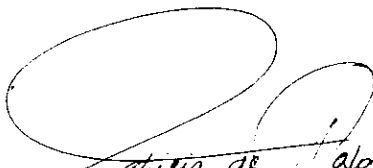
1998

Vo. Bo.:

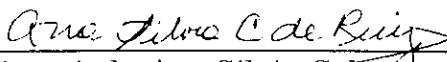
(f) 

Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) 

~~Licenciada Patricia de Palomo~~

(f) 

Licenciada Ana Silvia Colmenares

Fecha de aprobación: septiembre de 1997

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por mostrarme el camino y apoyarme en todas mis decisiones. A mis hermanos, porque sé que siempre están ahí cuando los necesito. A mis abuelos por ser los que abrieron la brecha hace varios años. A mis amigos y compañeros, por hacer de estos años los mejores de mi vida.

Agradezco al doctor Ricardo Bressani, por su ayuda y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo. Admiro su sabiduría y dedicación. Gracias al señor Hideo Koshima, porque sin su ayuda, este trabajo no hubiera sido posible.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue aumentar el valor nutricional de la masa para hacer tortillas, adicionando eficientemente trigo sarraceno durante el proceso de fabricación. Además, se evaluaron la funcionalidad y las características organolépticas de la tortilla de maíz suplementada con trigo sarraceno.

Se investigaron dos métodos para la eliminación de la cáscara y producción de la harina de trigo sarraceno, la nixtamalización y la molienda. Se encontró que la nixtamalización no fue indicada como procedimiento para este objeto, pues la cáscara no se logra deshacer, como en el maíz, y además los pigmentos solubles de ella se disuelven con el agua de cocimiento y manchan el resto del grano. Sin embargo, la molienda con un molino de discos probó ser bastante eficiente. Esta se realizó en diferentes humedades, siendo la humedad natural la más efectiva.

La harina de trigo sarraceno se mezcló luego en concentraciones de 10, 20 y 30% con harina nixtamalizada de maíz y se hicieron tortillas. El trigo sarraceno tuvo varios efectos positivos en la tortilla. Primero, la cantidad de la proteína se vio mejorada, debido al mayor porcentaje de ésta en el trigo sarraceno. Además, la harina de trigo sarraceno le dio a la tortilla un sabor un poco diferente, el cual fue aceptado por el 50% de los panelista en un análisis sensorial. Otro factor muy importante fue también que la textura de la masa y la tortilla mejoró al adicionar trigo sarraceno, pues ésta era más elástica y menos quebradiza.

En general, se cumplió el objetivo de la investigación, pues se encontró un método eficiente para incorporar el trigo sarraceno en la producción de tortillas. Además de mejorar la tortilla nutricionalmente, el trigo sarraceno también mejoró la textura de la masa y tortillas producidas con harina comercial nixtamalizada de maíz.

debe
nixtam
fiere.

INDICE

RESUMEN	v
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	1
Características generales del Trigo Sarraceno	1
Las proteínas del Trigo Sarraceno	2
Beneficios del Trigo Sarraceno	4
Almacenamiento y proceso del Trigo Sarraceno	6
El proceso de la tortilla	7
III. JUSTIFICACION	8
IV. OBJETIVOS	9
V. HIPOTESIS	10
VI. MATERIALES Y METODOS	11
Procedimiento General	11
Métodos	12
Nixtamalización	12
Molienda	12
Proteínas	13
Grasas	13
Evaluación de las características de las mezclas de harinas	13
Evaluación del proceso y características físicas de tortillas producidas con diferentes relaciones de trigo sarraceno/ maíz nixtamalizados	14
Evaluación sensorial de las tortillas	14
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL	16
VIII. RESULTADOS Y DISCUSION	17
Características del trigo sarraceno	17
Nixtamalización del trigo sarraceno	18
Efecto de la humedad en la molienda de trigo sarraceno	19
Rendimiento de la molienda del trigo sarraceno	21
Características de la harina de trigo sarraceno y sus mezclas con harina de maíz	23
Masa	26
Tortillas	27
Evaluación sensorial	30
Mejoramiento de la calidad de la tortilla: aplicación de aprendizajes de la evaluación sensorial	32
IX. CONCLUSIONES	33
X. RECOMENDACIONES	34
XI. BIBLIOGRAFIA	35
XII. APENDICES	37
Apéndice 1 Procedimientos y materiales	38
Boleta de evaluación sensorial	44
Apéndice 2 Tablas y gráficas adicionales	45
Apéndice 3 Datos y tablas estadísticas	56

LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

Tabla	Página
2.1 Valores nutricionales de la proteína del trigo sarraceno en comparación con la de los cereales (Valor E/T)	3
2.2 Valores nutricionales de la proteína del trigo sarraceno en comparación con la de los cereales (Valor A/TE)	4
8.1 Contenido de grasa, humedad, proteína y ceniza de la semilla de trigo sarraceno cosechada en Guatemala	17
8.2 Rendimiento de la molienda del trigo sarraceno a humedad natural de la semilla	22
8.3 Comparación del rendimiento de la molienda con el rendimiento teórico del trigo sarraceno	23
8.4 Contenido de nutrientes seleccionados en la harina de trigo sarraceno 35mesh	23
8.5 Evaluación visual de las mezclas de harinas de maíz y trigo sarraceno	24
8.6 Algunas características de las mezclas de harinas de maíz nixtamalizado con diferentes concentraciones de harina de trigo sarraceno	25
8.7 Características de las masas hechas con mezclas de harinas de maíz y trigo sarraceno	27
8.8 Características de textura en las tortillas con diferentes cantidades de trigo sarraceno	29
8.9 Características observadas en la elaboración de tortillas a partir de masa con diferentes contenidos de trigo sarraceno y maíz	29
8.10 Preferencia pareada entre tortillas con 0 y 15% de trigo sarraceno en base de maíz	30
8.11 Comentarios negativos y positivos en la evaluación sensorial de tortillas con y sin harina de trigo sarraceno	31
Gráfica	Página
6.1 Procedimiento General	11
8.1 Granulometría de la molienda del trigo sarraceno a diferentes humedades del grano	20

I. INTRODUCCION

Debido a su alto contenido de lisina, el aminoácido limitante en la proteína del maíz, el trigo sarraceno puede convertirse en un complemento adecuado para aumentar el valor nutricional de la tortilla. El trigo sarraceno contiene un alto contenido de proteínas de un valor biológico excelente. Además, ha mostrado tener efectos beneficiosos al reducir el colesterol en la sangre y el hígado, al mismo tiempo de aumentar la relación entre el colesterol de alta densidad y el colesterol total.

Este estudio pretende evaluar la posibilidad de usar el trigo sarraceno como un complemento del maíz en la elaboración de tortilla. Para ello, se evaluará la nixtamalización y la molienda como métodos de eliminación de la cáscara, de manera de poder incorporar fácilmente este proceso a la fabricación de la tortilla. Además se evaluarán algunas de las características de las harinas producidas con diferentes proporciones de trigo sarraceno y maíz para analizar los beneficios aportados por el trigo sarraceno. También se estudiarán las características físicas de tortillas elaboradas con estas harinas, así como su aceptación por medio de un análisis sensorial.

II. ANTECEDENTES

Características Generales del Trigo Sarraceno

El trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) es una planta herbácea de la familia Polygonaceae, nativa de Asia central. Aunque es llamado trigo, no es un verdadero cereal (Gramineae), pero se asocia con éstos por la forma en que es cultivado y usado. El grano del trigo sarraceno es una fruta seca de forma triangular. La cáscara negra no es adecuada para el consumo humano. Esta encierra un endospermo de almidón y un embrión aceitoso.

Los principales productores mundiales de trigo sarraceno son Japón, Canadá, Rusia, Polonia, Francia y Estados Unidos. Los consumidores principales son los japoneses, quienes lo usan para hacer pasta. En Europa y Estados Unidos se usa principalmente para hacer panqueques, al mezclarlo con harinas de avena, maíz, arroz o trigo. También es usado para hacer pan, espagueti, macaron y cereales de desayuno.

“Los granos sin cáscara presentan altos contenidos de almidón, proteína y tiamina, y bajo contenido de celulosa (Francischi, et al., 1994).” “El trigo sarraceno contiene aproximadamente 12% de contenido protéico, lo que lo hace muy parecido al trigo. El contenido de grasa es cercano al 3%, mientras la fibra cruda se presentó en un alto contenido de 12.7 a 17.8%. El alto contenido de fibra causó una baja concentración de carbohidratos solubles con un valor mínimo de 48.7% (Eggum, et al., 1981).”

Las Proteínas del Trigo Sarraceno

“El análisis químico del trigo sarraceno ha demostrado que la composición de aminoácidos es nutricionalmente superior a la de los cereales (Radovic, et al., 1996)”.

“De acuerdo con Pomerantz y Robbins (1972), el trigo sarraceno es la fuente de proteínas con más alto valor biológico del reino vegetal, teniendo 92.3% del valor biológico de los sólidos de la leche desgrasada, y 81.4% de los sólidos del huevo.”

“Los aminoácidos esenciales comprenden 38.75% de la proteína total. Lisina, histidina, valina y leucina se encontraron en altas cantidades, mientras metionina, triptofano y fenilalanina estaban presentes en menores cantidades (Francischi, et al., 1994).”

Pomeranz y Robbins determinaron en 1972 diecisiete aminoácidos en el trigo sarraceno. La proteína que contiene este grano es rica en lisina (6.1%), y contiene menos ácido glutámico y prolina que los cereales (aminoácidos no esenciales). Al mismo tiempo, ofrece más arginina y ácido aspártico que éstos. Lo más importante de la proteína del trigo sarraceno es su alto contenido de lisina, el cual es un aminoácido esencial limitante en los cereales. Consecuentemente, estas proteínas son un excelente suplemento para ellos.

“El ácido glutámico, un aminoácido no esencial, es el mayor componente de proteínas de reserva en cereales, y la lisina es el aminoácido esencial limitante en varias especies de cereales. Por esta razón, las proteínas del trigo sarraceno serían excelentes para la suplementación del patrón de aminoácidos de varias proteínas de cereales (Francischi, et al., 1994).”

En las siguientes tablas se muestran los valores nutricionales de las proteínas en diferentes alimentos. La Tabla 1 muestra la relación entre los aminoácidos esenciales y el contenido total de aminoácidos presentes (valor E/T). Se representan como gramos del aminoácido esencial por gramo total de N. En la Tabla 2 se muestra la relación entre un aminoácido esencial específico y la suma de los aminoácidos esenciales contenidos en el alimento (valor A/TE). Los valores muestran miligramos del aminoácido esencial por gramo de aminoácidos esenciales totales.

TABLA 1
VALORES NUTRICIONALES DE LA PROTEINA DEL TRIGO SARRACENO EN
COMPARACION CON LA DE LOS CEREALES, USANDO LA PROTEINA DEL
HUEVO ENTERO COMO REFERENCIA (VALOR E/T)

	HUEVO	TRIGO SARRACENO	TRIGO	AVENA	MAIZ NORMAL	MAIZ OPACO-2
AMINOACIDOS ESENCIALES	3.22	2.41	1.99	2.38	2.65	2.54

(Pomeranz y Robbins, 1972)

TABLA 2
VALORES NUTRICIONALES DE LA PROTEINA DEL TRIGO SARRACENO EN
COMPARACION CON LA DE LOS CEREALES, USANDO LA PROTEINA DEL
HUEVO ENTERO COMO REFERENCIA (VALOR A/TE)

AMINOACIDO ESENCIAL	HUEVO	TRIGO SARRACENO	TRIGO	AVENA	MAIZ NORMAL	MAIZ OPACO-2
Isoleucina	129	99(77)	122(95)	102(79)	94(73)	93(72)
Leucina	172	166	213	194	328	241
Lisina	125	158(126)	82(66)	110(88)	66(53)	116(93)
Tirosina y Fenilalanina	195	179(92)	243	220	217	206
Cistina y Metionina	107	106	196	107	76(71)	81
Treonina	99	101	93(94)	86(87)	85(86)	96
Triptofano	31	60	41	42	17(55)	32
Valina	141	132(94)	150	139	118(84)	135

(Pomeranz y Robins, 1972)

Los números en paréntesis muestran la relación entre el valor A/TE del aminoácido específico y el valor A/TE del patrón de referencia, el huevo. El menor de estos valores en una columna indica el primer aminoácido limitante.

Como se puede ver en esta tabla, el trigo sarraceno puede complementar el contenido proteínico si se hace una mezcla con maíz, pues ayuda a aumentar el contenido de lisina y triptofano, dos de los aminoácidos en menor concentración en el maíz.

Beneficios del Trigo Sarraceno

“Aunque el maíz es el alimento más importante consumido en la población rural de Centro América, su producción es mucho menor al nivel necesario para el consumo animal y humano. Por esta razón, otros granos de cereales se están convirtiendo en importantes substitutos del maíz (Bressani, et al. 1959).” En un estudio realizado por Bressani et al. (1959), al sustituir diferentes granos por una parte del maíz en alimento animal, “el trigo sarraceno resultó ofrecer mejor crecimiento, conversión de alimento y eficiencia de proteína que cualquiera de los otros cereales substitutos” (maíz amarillo, sorgo y arroz).

Además del alto contenido protéico del trigo sarraceno, esta semilla ofrece también otros beneficios. “De acuerdo a Kuyashital et al., los niveles de colesterol en el plasma e hígado de ratas alimentadas con extracto de proteína de trigo sarraceno disminuyeron significativamente en comparación a ratas alimentadas con aislado de proteína de soya o caseína (1996).” En este experimento, las ratas se alimentaron con

una de las tres proteínas y una dosis de colesterol. En este estudio, Kuyashital et al. concluyeron que "el extracto de proteína de trigo sarraceno es un alimento nutricionalmente excelente, que posee un efecto hipocolesterolémico (1996)."

En otro estudio, Kuyashital et al., encontraron que "además de disminuir la concentración de los ácidos grasos libres en el plasma, el colesterol total y los fosfolípidos en comparación al grupo de ratas alimentadas con caseína como fuente de proteína, la relación entre HDL (High Density Lypoproteins) y el colesterol total fue significativamente mayor que en los otros grupos (soya y caseína) (1996)." En conclusión, este estudio demostró que "el extracto de proteína del trigo sarraceno puede servir para contrarrestar la obesidad y la arteriosclerosis. En resumen, el presente artículo provee evidencia que sugiere que el extracto de proteína de trigo sarraceno puede ser más útil que el aislado de proteína de soya para reducir la grasa del cuerpo y los lípidos del plasma (Kuyashital, et al., 1996)."

Una de las ventajas principales que ofrece el trigo sarraceno en relación al trigo es que no contiene gluten, por lo que puede ser usado por personas intolerantes al gluten y con enfermedad celíaca. "Además, de acuerdo a Francischi et al. el trigo sarraceno es superior a la harina de trigo, concerniente al contenido de magnesio, cobre y hierro, aunque tiene menor concentración de fósforo (1994)." "En cuanto a los aminoácidos en las proteínas, aunque presenta a la lisina como un aminoácido limitante (74.47% vs. patrón de FAO), la proteína del trigo sarraceno es superior a la del trigo (26.72% vs. patrón de FAO) (Francischi, et al, 1994)."

Una de las desventajas del trigo sarraceno es que contiene altos contenidos de taninos, "1.54 a 1.76%, de acuerdo a Eggum et al. (1981), lo que tiene una influencia negativa en la digestibilidad de la proteína." Sin embargo, en los estudios de Francischi et al. (1994), "el contenido de taninos se encontró despreciable, con 0.00090%".

Almacenamiento y Proceso del Trigo Sarraceno

Para utilizar el trigo sarraceno, debe eliminarse la cáscara. "Esto, de acuerdo a Mazza y Campbell (1985) se hace al pasar la semilla del trigo sarraceno entre una piedra estacionaria y una rotatoria abrasiva. El rendimiento es afectado por el contenido de agua, la temperatura, el tamaño y la forma de la semilla." Es mejor eliminar la cáscara en una semilla con bajo contenido de humedad, pues ésta se rompe más fácilmente y se reduce la cantidad de semillas que no se descascaran. Con esto se aumenta el rendimiento de la molienda. Sin embargo, si se quiere producir un grano descascarado completo, el rendimiento es mayor cuando la humedad es mayor. Esto se debe a que el grano se quiebra menos y se obtiene un mejor rendimiento de granos enteros.

"Los atributos de calidad más importantes en el trigo sarraceno son el color y sabor de sus semillas. El color de las semillas acabadas de cosechar es verde claro, pero gradualmente cambia a un café rojizo durante el almacenaje. El cambio de color es acompañado por la pérdida de sabores y nutrientes deseables y por la formación de pigmentos pardos (Mazza, 1986)."

Un factor importante en el almacenamiento y el proceso del trigo sarraceno son las reacciones de pardeamiento que pueden ocurrir en este tiempo. Debido al alto contenido de proteínas y a la presencia de algunos azúcares reductores, se puede dar un pardeamiento no enzimático. Además, de acuerdo a Mazza y Campbell (1985), "una actividad de agua alta no es recomendable para el almacenaje, pues la semilla puede sufrir cambios microbiológicos, químicos y enzimáticos indeseables".

"Durante la maduración, el peso de la semilla aumenta de 3.0 a 5.6 veces debido a un incremento de 18 veces el peso del grano sin cáscara y un incremento mucho menor (dos veces) en la cáscara. En el grano sin cáscara el incremento de peso está acompañado con una disminución en la concentración de proteínas. El contenido de arginina aumenta, mientras el contenido de lisina, prolina, alanina y arginina disminuye. Sin embargo, la composición de los aminoácidos es relativamente estable en la maduración del trigo sarraceno (Pomeranz et al., 1975)."

El Proceso de la Tortilla

Para fabricar tortilla de maíz en Guatemala, se toma maíz crudo y se cocina en una solución de cal (0.17-0.58%) por 50-60min. La masa se deja reposar por 12-14 horas y luego se decanta el agua. El maíz cocido se lava unas 3-4 veces con agua y se procede a moler. Luego se hacen las tortillas y se cuecen sobre un comal de barro (Bressani, 1990).

III. JUSTIFICACION

En Guatemala, la base de la alimentación está en el maíz, el cual es utilizado principalmente para hacer tortillas. Sin embargo, la demanda de este cereal es tan grande, que la producción muchas veces es insuficiente. De aquí la necesidad de utilizar otro cultivo para complementar la dieta de la población. El trigo sarraceno es un buen candidato para esto, pues se cosecha fácilmente y ofrece grandes beneficios en cuanto a nutrición.

La principal importancia de este estudio radica en la utilización de un grano con alto contenido de nutrientes y una proteína de excelente calidad en la elaboración de un alimento base en la nutrición de la población guatemalteca, como lo es la tortilla. El trigo sarraceno aumenta el valor biológico de las proteínas en la masa, pues refuerza el contenido de los aminoácidos limitantes en el maíz. Además puede proveer una herramienta para disminuir el colesterol en la sangre.

Otro factor importante del estudio, es que se estudiarán de cerca los efectos que procedimientos comunes, como son la nixtamalización y la molienda, pueden ejercer en el trigo sarraceno, un grano que no ha sido suficientemente estudiado en nuestros países.

IV. OBJETIVOS

General:

Aumentar el valor nutricional de la masa para hacer tortillas, adicionando eficientemente trigo sarraceno durante el proceso de fabricación.

Específicos:

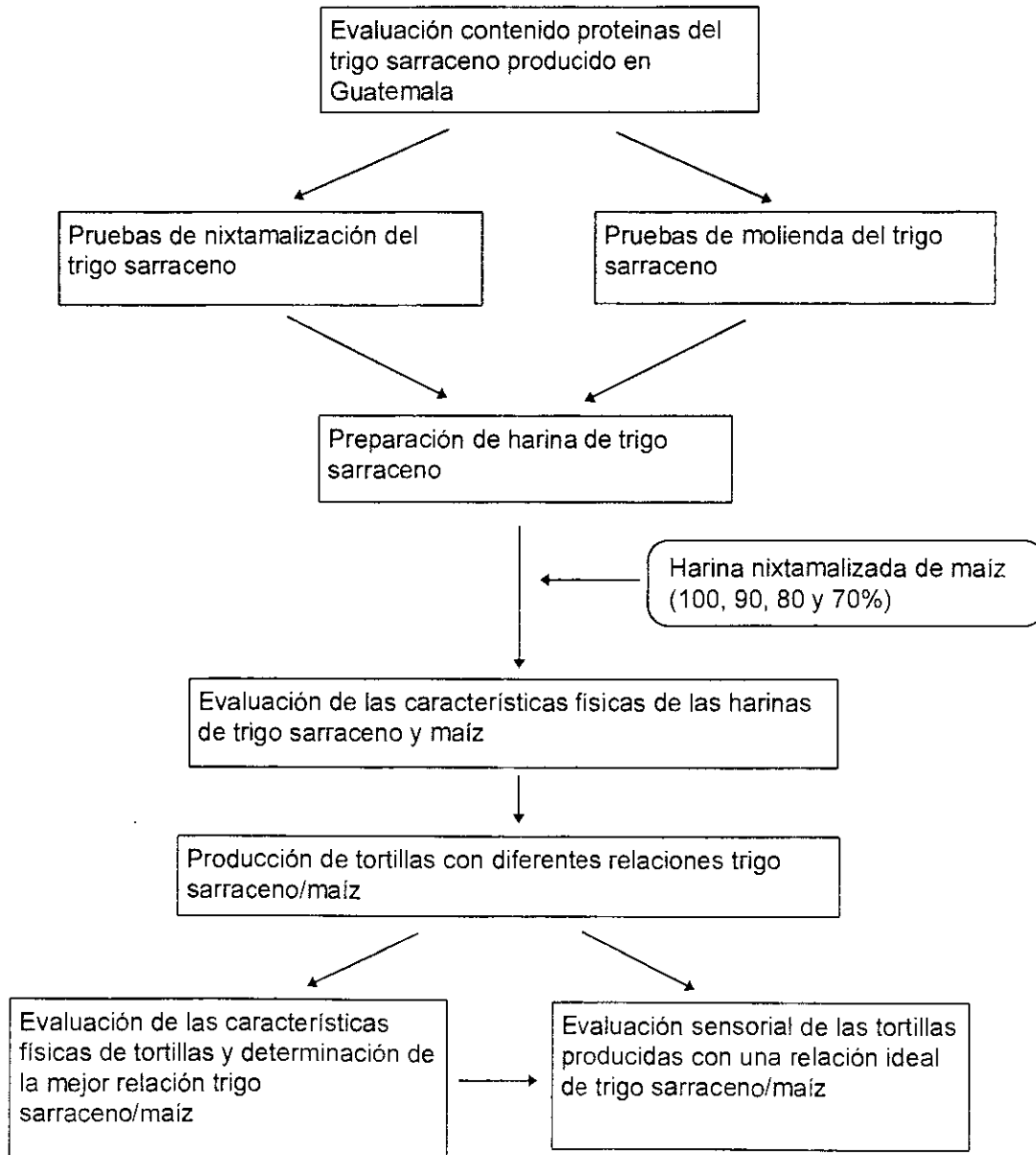
1. Evaluar la nixtamalización como un método eficiente para eliminar la cáscara del trigo sarraceno, de manera que pueda ser incorporado a una harina de maíz.
2. Determinar el contenido de proteínas del trigo sarraceno producido en Guatemala, así como de la harina producida con éste.
3. Evaluar las características físicas de las tortillas producidas con masa nixtamalizada de maíz y trigo sarraceno en concentraciones de 0, 10, 20 y 30%.
4. Evaluar las características sensoriales de tortillas producidas con diferentes porcentajes de trigo sarraceno y maíz.

V. HIPOTESIS

1. La fortificación de la harina de maíz para hacer tortilla se puede lograr por medio de la adición de trigo sarraceno.
2. La remoción de la cáscara del trigo sarraceno se puede hacer por medio del método de nixtamalización utilizado para maíz.
3. La tortilla elaborada con trigo sarraceno y maíz ofrece una textura parecida a la tortilla hecha con maíz únicamente.
4. La tortilla elaborada con una parte de trigo sarraceno tiene buen sabor y es aceptada en una evaluación sensorial

VI. MATERIALES Y METODOS

Procedimiento General



Métodos

Nixtamalización:

La nixtamalización se hizo siguiendo el procedimiento en el Apéndice 1, con concentraciones de cal de 0, 0.2, 0.4 y 0.6%, y tiempos de 10 y 20 minutos. Debido a que no se notó ningún efecto en los granos de trigo sarraceno, se aumentaron las concentraciones de cal a 0, 0.8, 1.0 y 1.2% y se cocinó durante 30 minutos más cada muestra, obteniendo tiempos finales de cocimiento de 40 y 50 minutos.

Molienda:

La molienda del trigo sarraceno se llevó a cabo en un molino de nixtamal, el cual se conforma de dos discos, uno fijo y el otro giratorio, movido por un motor eléctrico. La abertura de los discos era variable, por lo que se pudo graduar hasta poder separar la cáscara completa del cotiledón. Luego de esta molienda, los granos grandes se pasaron por un molino pequeño de carne, que los rompía volviéndolos harina. Luego de tamizar las harinas y separar manualmente la cáscara, las partes de endospermo formadas por granos mayores a 35mesh, se pasaron por una licuadora para hacer una segunda molienda y producir más harina. Sin embargo esta harina se conservó aparte, y se consideró como "de segunda" por su color más oscuro.

Proteínas:

La determinación del contenido de proteínas se efectuó en los granos de trigo sarraceno, la harina 35mesh de trigo sarraceno y la harina comercial de maíz. Para esto, se siguió el procedimiento 2.055-2.057 del AOAC

Grasas:

La determinación del contenido de grasa se efectuó por medio del procedimiento descrito en el AOAC, para granos. Este procedimiento se le aplicó en triplicado a los granos del trigo sarraceno.

Evaluación de las características de las mezclas de harinas:

Se hicieron mezclas de harina con 10, 20 y 30% de trigo sarraceno en una base de harina de maíz nixtamalizada MASECA. Para evaluar las características de las mezclas de harinas, se les aplicó los siguientes análisis:

- a) cenizas, de acuerdo al método del AOAC
- b) humedad: para este proceso, se pesaron muestras de 1.5g de cada harina, se colocaron en recipientes metálicos y se metieron al horno a 105°C hasta alcanzar masa constante, aproximadamente 5 horas.
- c) índice de absorción de agua: de acuerdo al método descrito en el Apéndice 1
- d) determinación de sólidos solubles: de acuerdo al método descrito en Apéndice 1

Evaluación del proceso y características físicas de tortillas producidas con diferentes relaciones de trigo sarraceno/maíz nixtamalizados

Masa

La masa se produjo al combinar 50g de cada mezcla de harinas con suficiente agua para formar una consistencia firme, suave y fácil de moldear. El agua se agregó en intervalos, y se amasó la mezcla con las manos.

Para evaluar las características de las masas producidas a partir de las mezclas de harinas se observaron sus características de color y textura al momento de prepararlas. La observación de la textura se enfocó básicamente en sus características de elasticidad, adhesividad, producción de grietas en las orillas y facilidad de manejarla al momento de tortear.

Tortillas

Las características observadas en las tortillas producidas con diferentes concentraciones de harina de trigo sarraceno fueron:

- a) color: se evaluó visualmente. Además se contó la cantidad de puntos negros dentro de una pulgada cuadrada en la superficie de la tortilla cocida.
- b) textura: además de probar la tortilla y evaluar su textura al morderla, se evaluó también su rolabilidad. Este análisis pretendió evaluar su elasticidad, pues se hizo al enrollar tiras de tortilla sobre un cilindro de 0.8cm de diámetro. Durante el proceso, se observó si se producían rajaduras o quebraduras en la tortilla.

Evaluación sensorial de las tortillas

La evaluación sensorial se hizo tomando tortillas recién hechas con 15% de harina de trigo sarraceno y 85% harina de maíz (MASECA), y comparándolas con tortillas de 100% maíz (MASECA). Esto se hizo con un panel no entrenado de 62 consumidores regulares de tortilla, hombres y mujeres, mayores de 18 años de todos los niveles socioeconómicos.

A los panelistas se les repartieron dos muestras, una de cada una, codificadas con un código aleatorio de tres dígitos, además de un vaso de agua. Los resultados se recogieron en una boleta de evaluación, en la que se preguntó la preferencia en cuanto a sabor, color y textura (ver boleta en el Apéndice 1).

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

1) Unidad experimental

Se trabajó con trigo sarraceno (*fagopyrum esculentum*) cosechado en Guatemala, en la región de Chimaltenango, a partir de semilla japonesa. Además, las harinas del trigo sarraceno se mezclaron con harina nixtamalizada de maíz marca MASECA, producida en Guatemala por Derivados de Maíz de Guatemala, S.A.

2) Tamaño de la muestra

Se trabajó con aproximadamente 7lb de trigo sarraceno en grano. Se hizo el análisis en una muestra para cada variable en la nixtamalización y molienda a diferentes humedades, así como en la determinación de cenizas en las harinas. El resto de análisis realizados en las harinas, humedad, absorción de agua y sólidos solubles, se hicieron en triplicado.

3. Análisis estadístico

A los datos en triplicado se les aplicó el análisis de varianza para determinar diferencias entre los datos. Una vez identificada una diferencia, se procedió a analizar por medio del procedimiento de LSD (Leas Significant Difference) para encontrar cuáles grupos de datos eran diferentes a los otros. Los resultados de la evaluación sensorial se analizaron para determinar preferencia entre las dos tortillas por medio de una prueba binomial de dos extremos (ver tabla en el Apéndice 3). Los resultados de los análisis estadísticos se pueden encontrar en el Apéndice 3.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue fortificar la harina de maíz con harina de trigo sarraceno en la elaboración de tortillas. Aunque el principal inconveniente es la disponibilidad de este grano en Guatemala, el hecho de juntar el trigo sarraceno con el maíz en la elaboración de uno de los alimentos básicos para la población puede traer importantes ventajas. Las más sobresalientes son el aumento del contenido de proteínas, la adición de lisina, el aminoácido esencial limitante en el maíz y el mejoramiento de la textura y funcionalidad de la masa para hacer tortillas.

Características del trigo sarraceno

El trigo sarraceno evaluado fue cosechado en Guatemala a partir de semillas japonesas. Mostró granos uniformes triangulares con cáscara negra. Cuando se removió la cáscara, la capa interior mostró un color verde claro, característicos de buena calidad. Dentro de esta segunda capa se encontró el grano blanco harinoso.

Para evaluar las características del grano, se determinaron porcentajes de grasas, humedad, proteínas y cenizas, con los resultados que se resumen en la Tabla siguiente.

Tabla 1
Contenido de grasa, humedad, proteína y ceniza
de la semilla de trigo sarraceno cosechada en Guatemala

Grasas o aceites	4.56 %
Humedad	18.68 %
Proteínas	14.3 %
Cenizas	1.57 %

Los resultados de estas determinaciones mostraron un alto contenido de proteínas, 14.3%, en comparación con el maíz. El maíz contiene cerca de 9.2% de proteínas, lo cual le da al trigo sarraceno 55% más de proteínas que sirven para fortificar las mezclas.

En comparación con los datos en las tablas de composición del trigo sarraceno, el grano cultivado en Guatemala mostró más cantidad de proteínas, grasas y humedad, mientras que la cantidad de cenizas disminuyó. Las tablas de composición de este grano se pueden encontrar en el Apéndice 2, así como las del maíz.

Nixtamalización del trigo sarraceno

En la búsqueda de un método adecuado para producir harina de trigo sarraceno, se probó la nixtamalización con diferentes concentraciones de cal en el agua de cocimiento. Específicamente, se utilizaron niveles de cal de 0 a 1.2% durante 40 y 60 minutos de cocimiento. El objeto principal de este proceso fue deshacer la cáscara al someterla a un cocimiento alcalino, por el cual se esperaba hidrolizarla y que se pudiera separar fácilmente del cotiledón.

Durante el cocimiento con soluciones alcalinas de cal, el grano del trigo sarraceno se abrió, liberando parte de su interior en el agua. Esto se debió a la gelatinización del almidón, parte del cual fue liberado en la solución de cocimiento, haciéndola más viscosa. A pesar de que el grano se abrió, la cáscara y el endospermo no pudieron ser separados, por lo que el método probó no ser efectivo con este fin. Por el contrario, la cáscara mostró ser más dura luego del cocimiento.

Adicionalmente, se observó otro efecto negativo en la nixtamalización. Durante el proceso, los pigmentos de la cáscara pasaron al interior del grano y lo mancharon, lo que disminuyó la calidad de la semilla, no deseable en la producción

de tortillas. Se notó que estos pigmentos son altamente solubles en agua, pues la solución de cocimiento y el endospermo del interior del grano se tornaron negros.

Tampoco fue posible recuperar harina de estos granos, pues ya secos, se volvieron duros y la molienda produjo partículas grandes que no se separaron de la cáscara.

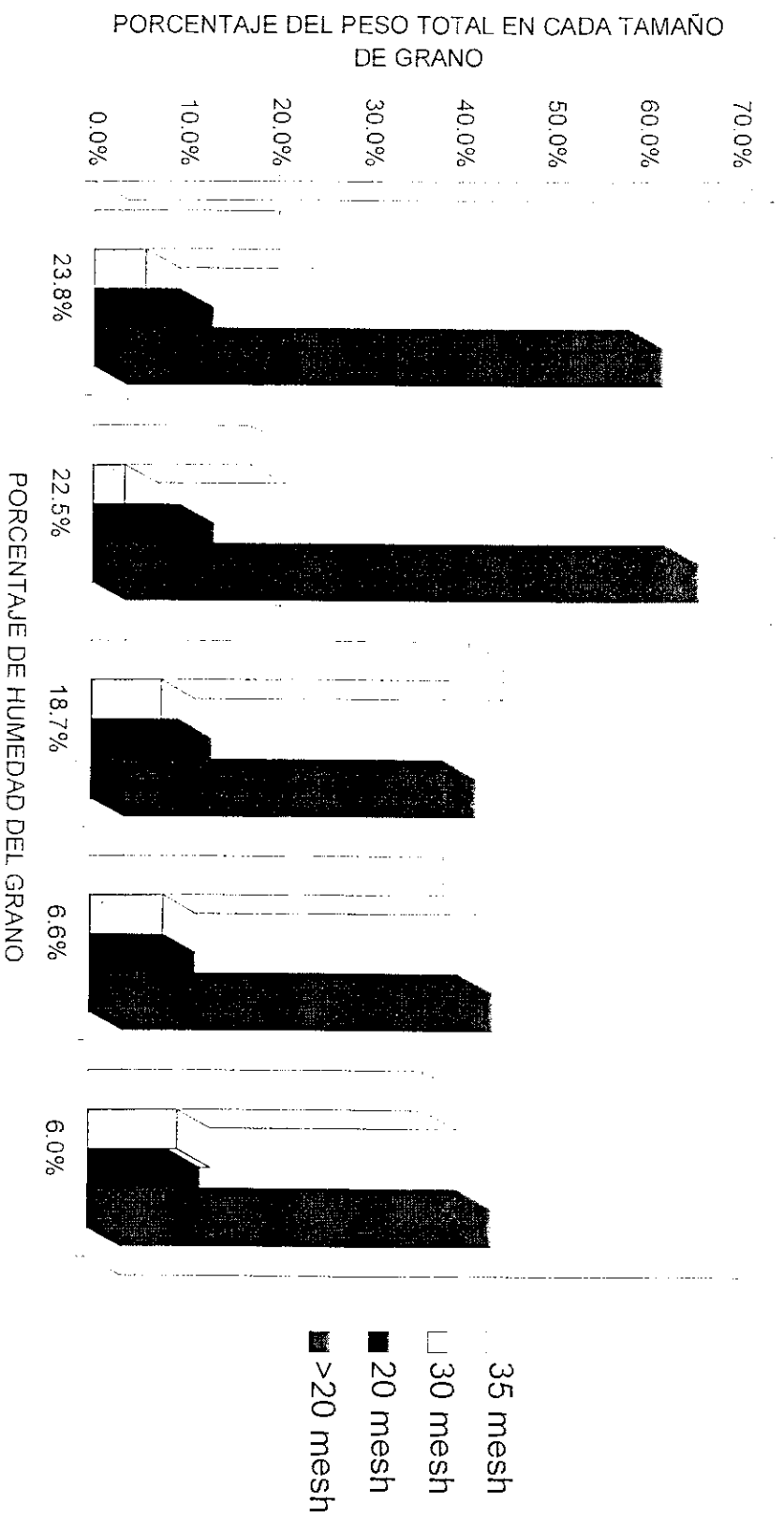
Un punto importante es que los granos de trigo sarraceno nixtamalizados fueron poco afectados por las diferencias de concentración de cal en la solución o el tiempo de cocimiento. Los granos se abrieron aproximadamente al mismo tiempo y su cambio de color fue prácticamente el mismo, no importando los niveles de cal en el agua de cocimiento. La única diferencia que se notó fue en los granos que se cocieron con agua únicamente, pues éstos se abrieron antes. Esto se puede originar en que ciertos componentes de la cáscara se hidrolizaron con la cal, por lo que la cáscara se volvió más flexible y no permitió que la presión ejercida por el grano la rompiera tan fácilmente.

Efecto de la humedad en la molienda de trigo sarraceno

Debido a que el método de nixtamalización no resultó indicado para la producción de harina de trigo sarraceno, se decidió investigar más a fondo la molienda a diferentes humedades del grano.

La Gráfica 1 muestra los resultados de la molienda del trigo sarraceno en diferentes humedades del grano. Como se puede ver, los mejores resultados de recuperación de harina 35 mesh se obtuvieron en la humedad natural del grano, de 18.7%. Este rendimiento disminuyó cuando se varió la humedad, ya sea aumentándola o disminuyéndola. Por otro lado el peor rendimiento se vio en los granos con mayor humedad que la natural. Para ver los datos numéricos, referirse a la Tabla 1 del Apéndice 2.

GRAFICA 1
Granulometria de la molienda del trigo sarraceno
a diferentes humedades del grano



Nota: la humedad natural del grano es 18.7%

En humedades menores a la natural, el rendimiento fue menor, porque al someter el grano al calor, éste se coció y el almidón se gelatinizó, por lo que se formaron zonas más densas que permanecieron como gránulos grandes luego de la molienda. Además, parte del grano quedó atrapado dentro de la cáscara, por lo cual el rendimiento de harina fue menor.

Por otro lado, para llegar a humedades mayores a la natural del grano, se agregó agua, lo que produjo que, como se encontró en la nixtamalización, los pigmentos de la cáscara pasaran al interior del grano y lo mancharan. El resultado fue una harina gris, no indicada para hacer tortillas. Además, al moler el grano con mayor humedad, se produjo una masa de harina y cáscara, la cual fue muy difícil de separar, por lo que el rendimiento de producción de harina fina disminuyó drásticamente.

El color negro no es deseable en la harina del trigo sarraceno por dos razones principales; primero, porque una de las características más importantes de la tortilla es su color, y esta harina mancharía la masa. La segunda razón es porque, en otros estudios, se ha observado que los pigmentos pueden ocasionar alergias en la piel del hombre y manchas en los animales, por lo que se debe eliminar lo más posible.

Rendimiento de la molienda del trigo sarraceno

Para obtener la harina de trigo sarraceno, se pasó el grano por un molino de discos. Esto permitió separar la cáscara del endospermo. Para romper las partículas grandes y producir la harina, éstas se pasaron por otro molino más pequeño. Los resultados de granulometría mostraron un rendimiento mayor al 53%, recuperado en harina 35 mesh.

En la siguiente tabla se puede observar la distribución de partículas en la granulometría del trigo sarraceno en su primera molienda. Para el resultado gráfico, ver la Gráfica 1 del Apéndice 2.

Tabla 2
Rendimiento de la molienda del trigo sarraceno
a humedad natural de la semilla (18.7%)

<i>Tamaño</i>	<i>Porcentaje sobre peso total de la semilla</i>	<i>Notas</i>
35 mesh	53.3%	harina final
30 mesh	6.8%	a reproceso *
20 mesh	16.5%	a reproceso *
>20 mesh	23.2%	16.7% es cáscara, 6.5% se reprocesó *
pérdida del proceso	0.2%	
TOTAL	100.00%	

Como se puede observar, el rendimiento de la molienda fue bueno, pues el 53% de las partículas fueron pequeñas (35 mesh), y conformaron la harina utilizada para las tortillas. Las partes de 20 y 30 mesh fueron formadas por granos más duros, junto con porciones de cáscara triturada, a lo que deben su color más oscuro. Las partículas mayores a 20 mesh fueron en su mayoría formadas por cáscara entera, la cual fue removida durante la molienda por el molido de discos. La cáscara en esta porción, representó el 17% del peso total de la semilla.

Durante el proceso de molienda, se produjo una cantidad de granos entre 20 y 35 mesh, que eran muy grandes para ser usados como harina (marcados con * en la Tabla 1). Estos se reprocesaron con una licuadora para disminuir su tamaño y se tamizaron de nuevo. Con esto se logró producir un 12% de harina adicional. Aunque esta harina se podría considerar como de segunda, por su color levemente más oscuro, puede ser usada para preparar otros alimentos, como panqueques o

fideos. Para mayor información sobre este proceso, ver resultados en la Tabla 2 del Apéndice 2.

Para evaluar los resultados, se determinó el rendimiento teórico, separando manualmente la cáscara del grano. Esto mostró que cerca del 22% del peso total se encuentra en la cáscara. Al comparar el rendimiento de harina obtenido anteriormente con el rendimiento teórico del 78%, se observó que el método de molienda fue bastante eficiente, pues se logró recuperar el 68% del material utilizable.

Tabla 3
Comparación del rendimiento de la molienda
con el rendimiento teórico del trigo sarraceno

% de cáscara en el trigo sarraceno	20.9%
% de grano pelado en el trigo sarraceno (rendimiento teórico)	77.8%
% harina 35mesh luego de molienda (rendimiento experimental)	53.3%
relación rendimiento experimental/ rendimiento teórico	0.685

Características de la harina de trigo sarraceno y sus mezclas con harina de maíz

La harina de trigo sarraceno obtenida se mostró densa y de buena calidad. Su color fue blanco grisáceo, provocado por partículas negras de cáscara molida en la harina blanca.

Los resultados de sus características principales son los siguientes:

Tabla 4

Contenido de nutrientes seleccionados en la harina de trigo sarraceno 35 mesh

Contenido de proteínas	12.6%
Contenido de humedad	13.72%
Contenido de cenizas	1.54%
Sólidos solubles	5.92%
Índice de absorción de agua	2.15

El contenido de proteínas en la harina (12.6%) es menor que el obtenido en el grano entero de trigo sarraceno (14.3%, Tabla 1). Esto se debe a que en el proceso de molienda se elimina en su mayoría la cáscara y otras fracciones del grano, que quedan en los tamices superiores. Estas porciones contienen concentraciones mayores de proteínas.

La humedad en la harina de trigo sarraceno (13.7%) también es menor en comparación al grano entero (18.7%), pues parte de ella se pierde durante el proceso de molienda por evaporación, o por quedar en las fracciones de partículas más grandes a 35mesh.

Por otro lado, un dato interesante de observar es que la cantidad de cenizas producidas por estas muestras fueron mayores a las del grano entero.

Para determinar las características de la combinación de las harinas de trigo sarraceno y maíz se hicieron mezclas con 10, 20 y 30% de trigo sarraceno en una base de harina de maíz. Además se usaron harinas puras como control.

El color de las mezclas varió de acuerdo al contenido de harina de trigo sarraceno, desde un amarillo pálido en la harina de maíz hasta un gris pálido en las mezclas con mayor cantidad, como se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5
Evaluación visual de las mezclas de harinas de maíz y trigo sarraceno

<i>Contenido de harina de trigo sarraceno</i>	<i>Color y observaciones</i>
0%	Amarillo claro, característico de la harina comercial nixtamalizada
10%	Blanco yeso con pocos puntos negros
20%	Gris claro con puntos negros
30%	Gris claro con más puntos negros
100%	Gris-blanco con puntos negros

Para determinar la calidad de las mezclas de harinas, se procedió a realizar análisis de cenizas, humedad, sólidos solubles e índice de absorción de agua, con los resultados en la Tabla 6.

Tabla 6
Algunas características de las mezclas de harinas de maíz nixtamalizado con diferentes concentraciones de harina de trigo sarraceno
(Ver gráficas en Apéndice 2)

<i>Contenido de trigo sarraceno en la harina (%)</i>	<i>Cenizas (%)</i>	<i>Proteína (%)</i>	<i>Humedad (%)</i>	<i>Índice de absorción de agua (g gel/g)</i>	<i>Sólidos solubles (%)</i>
0	0.31	10.6	11.16	3.63	5.05
10	0.71	10.8	11.42	3.48	4.85
20	0.82	11.0	11.77	3.29	4.76
30	0.91	11.2	12.07	3.00	4.73
100	1.54	12.6	13.34	2.15	5.92

Se observó que el contenido de cenizas y proteína aumentó, al aumentar el porcentaje de harina de trigo sarraceno en la mezcla. Esto se debió a que la harina de este grano contiene más de estos compuestos que la de maíz.

Un resultado similar se obtuvo en el contenido de humedad. Entre más contenido de trigo sarraceno, más húmeda la harina. Esto se debe a que, la harina de

trigo sarraceno contiene un 23% más de humedad que la de maíz (USDA Nutritional Data). Sin embargo, éste es un factor a tomar en cuenta cuando se desee almacenar esta harina, pues un valor mayor de humedad puede provocar la formación de hongos, mohos o bacterias, que afectan la calidad de la misma. Los datos de humedad fueron analizados estadísticamente por medio del análisis de varianza, y los resultados indicaron que existen diferencias entre ellos. Los análisis estadísticos se pueden encontrar en el Apéndice 3.

El índice de absorción de agua disminuyó en la mezcla de harina con mayor contenido de trigo sarraceno. Esto se debe a que la capacidad de la harina para formar geles y retener agua es menor en el trigo sarraceno que en el maíz. Otro factor que pudo influir en este comportamiento es que la harina de maíz estaba cocida, mientras la de trigo sarraceno, no. El cocimiento hace que el almidón en el grano pueda formar una gel que retenga más agua. Los resultados estadísticos muestran que los resultados del índice de absorción de agua en cada mezcla de harina son diferentes entre sí. Además, los datos encontrados son prácticamente lineales ($R^2=0.98037$).

Un efecto interesante en el comportamiento de las harinas con diferentes contenidos de trigo sarraceno es el encontrado en el porcentaje de sólidos solubles (Tabla 5). Si se observa la Gráfica 5 de la sección del Apéndice 2, el comportamiento mostró que, de 0 a 30% de contenido de trigo sarraceno, el índice disminuyó a medida que se incrementó este componente. Sin embargo, el porcentaje de sólidos solubles se volvió mayor en la harina de trigo sarraceno pura.

Los datos estadísticos muestran que, efectivamente, existen diferencias entre las mezclas, incluso en el sector de 0 a 30% de contenido de trigo sarraceno. En esta área, los datos son casi lineales, en forma decreciente.

Por el momento no hay evidencias para explicar esta observación. El alto nivel de sólidos solubles en la harina 100% trigo sarraceno se puede explicar por el

contenido de carbohidratos, el cual es mayor al del maíz, o al hecho de no estar cocido, como el maíz. Sin embargo, en concentraciones menores de trigo sarraceno, compuestos en este grano pudieron haberse ligado entre sí o con otros compuestos en un pH alcalino, como el formado por la harina de maíz, y evitado solubilizarse.

Masa

La masa se produjo agregando agua a las mezclas de harina, hasta alcanzar la consistencia indicada. Se notó un cambio marcado en la textura de las diferentes masas, sobre todo en su elasticidad. Los resultados se observan en la Tabla 7.

Tabla 7
Características de las masas hechas con mezclas
de harinas de maíz y trigo sarraceno

<i>Contenido de trigo sarraceno en la masa</i>	<i>Textura\Elasticidad</i>	<i>Color</i>
0%	Se sintió levemente arenosa y la masa se rompió más rápido al estirarla manualmente	amarillo claro
10%	Un poco más elástica, permitió tortear más fácil	gris claro con puntos negros
20%	Más elástica. No se rompió rápidamente	gris con puntos negros
30%	Pegajosa. No permitió tortear	gris oscuro con puntos negros

Es difícil en este momento ofrecer una explicación al efecto en textura que produce la adición de trigo sarraceno a la harina nixtamalizada de maíz, sin una caracterización física y química más detallada de la harina de trigo sarraceno. Esta pudiera tener compuestos tipo carbohidratos, que con la adición de agua a pH alcalino, dieran la textura de pegajosidad. Otros compuestos que pueden ejercer este

alcalino, dieran la textura de pegajosidad. Otros compuestos que pueden ejercer este efecto, y que se pueden encontrar en las mezclas de harina son pectinas, algún tipo de proteínas y calcio.

El color fue más oscuro en las masas con más trigo sarraceno. Es importante notar que el color no sólo se daba por los puntos oscuros de la cáscara del trigo. Además, los pigmentos se distribuyeron en toda la masa y colorearon la harina de maíz al agregar agua.

Tortillas

Se produjeron tortillas con las masas hechas anteriormente. Para garantizar un buen cocimiento, se les dieron dos vueltas. La primera se hizo cuando la tortilla se despegó del comal. La segunda, cuando la parte inferior mostró pequeñas manchas de cocimiento. Cuando esta última vuelta se hace, la tortilla debería inflarse y producir “la cara”, que es el lado delgado y separado de la tortilla. Este efecto se debe a la evaporación del agua interior y ayuda a que la masa del centro se cueza. Esto se logró fácilmente con las tortillas con 10 y 20% de trigo sarraceno. Sin embargo, por la elasticidad de la masa con 30% de trigo sarraceno, las tortillas con esta concentración no se inflaron.

La textura de las tortillas cocidas varió con las diferentes concentraciones de trigo sarraceno. A medida que aumentó la concentración, aumentó también su elasticidad y resistencia al corte. Para evaluar su textura, se tomaron tiras de tortillas y se enrollaron para ver si se producían grietas en su superficie. Las tortillas con 10 y 20% de trigo sarraceno mostraron mejor desempeño que el control (100% harina de maíz comercial). Estas tortillas no produjeron ninguna grieta y fueron más suaves, mientras que el control produjo de dos a tres rajaduras pequeñas. La tortilla con 30% de trigo sarraceno no mostró una buena textura, pues estaba más dura y más tostada, por lo que, al momento de enrollarla, se rompió varias veces.

Otra forma de evaluar la textura fue observar la uniformidad de las orillas. Las tortillas que se rompen en las orillas son más difíciles de trabajar, porque la masa está muy suave y poco integrada. Por esto, este es un buen parámetro para medir la textura a la hora de tortear. Los resultados indicaron que, al igual que en la prueba de rolabilidad, la textura se mejora con 10 y 20% de trigo sarraceno en la mezcla, pues se produjeron menos rajaduras en las orillas que en la tortilla de maíz. Sin embargo, la masa de 30% trigo sarraceno mostró más rajaduras por la dificultad de producir una tortilla redonda debido a su elasticidad y adhesividad en las manos.

En la Tabla 7 se pueden observar las características de textura de las tortillas. En general, la textura mejoró con una cantidad baja de trigo sarraceno, pero al aumentarla hasta un 30%, ésta no mostró un desempeño mejor.

Tabla 8
Características de textura en las tortillas con
diferentes cantidades de trigo sarraceno

<i>Contenido de trigo sarraceno en la masa</i>	<i>Grietas al enrollar</i>	<i>Textura al morderla</i>
0%	2-3	Suave, un poco quebradiza
10%	0	Más suave
20%	0	Suave y un poco elástica
30%	9	Muy elástica, chiclosa

Además del aporte que hace la harina de trigo sarraceno a la harina nixtamalizada de maíz en cuanto a calidad y cantidad de proteínas y otros nutrientes, ésta introduce un mejoramiento en la textura de la tortilla. Este factor es de suma importancia, pues consistentemente se están buscando formas de mejorar la textura de las tortillas, sobre todo las producidas industrialmente.

Otro aspecto importante en las tortillas es su color. La adición de trigo sarraceno a la harina de maíz hizo que las tortillas sean más oscuras y con más puntos negros, formados por la cáscara. Para tener resultados objetivos, se contaron los puntos negros en una pulgada cuadrada de superficie de la tortilla y se evaluó el color. Los resultados son los siguientes:

Tabla 9
Características observadas en la elaboración de tortillas a partir de masa con diferentes contenidos de trigo sarraceno y maíz

<i>Contenido de trigo sarraceno en la masa</i>	<i>Color</i>	<i>Número de puntos por pulgada cuadrada (promedio de 3 mediciones)</i>
0%	blanco amarillento	19
10%	blanco amarillento con puntos negros	35
20%	gris claro con puntos negros	47
30%	gris oscuro con puntos negros	59

El color gris se incrementó a medida que se aumentó la concentración de la harina de trigo sarraceno. Este color se debe, tanto a los puntos negros en la superficie, los cuales aumentaron significativamente al aumentar la concentración de la harina de trigo sarraceno, como a los pigmentos distribuidos en toda la masa.

Se consideró que el color de las tortillas con 10% de trigo sarraceno todavía era aceptable, pero las de 20 y 30% ya mostraban un color muy oscuro, no deseable.

Evaluación sensorial

Para evaluar sensorialmente las tortillas, se hizo una prueba de preferencia pareada de tortillas con 15% de trigo sarraceno y tortillas con harina de maíz 100%. La prueba se hizo en la Universidad del Valle un sábado por la mañana, y el grupo de panelistas fue variado de hombres y mujeres mayores de 18 años de todos los niveles socioeconómicos. En la prueba se evaluó sabor, color y textura. Los resultados se muestran en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10
Preferencia pareada entre tortillas con 0 y
15% de trigo sarraceno en base de maíz

	% DE PREFERENCIA		RESULTADO
	15% trigo sarraceno y 85% maíz	100% maíz	
SABOR	50%	50%	no hay una preferencia estadísticamente significativa en cuanto al sabor de las tortillas
COLOR	18%	82%	los entrevistados prefieren significativamente más el color de la tortilla 100% maíz
TEXTURA	32%	68%	los entrevistados prefieren significativamente más la textura de la tortilla 100% maíz

Tabla 11
Comentarios negativos y positivos en la evaluación sensorial
de tortillas con y sin harina de trigo sarraceno

<i>Comentarios positivos a las tortillas con trigo sarraceno 15%</i>	<i>Comentarios negativos a las tortillas con trigo sarraceno 15%</i>
<ul style="list-style-type: none"> • la tortilla es más suave • me gustó más la tortilla porque es de puro maíz, la otra es de masa preparada que viene empacada • se siente que llena más • su sabor es mejor • si le ponen el sabor de la tortilla a la otra, sería la tortilla ideal 	<ul style="list-style-type: none"> • el color es muy oscuro • es un poco amarga, si no fuera por esto me gustaría más • es muy insípida • su apariencia es vieja

En cuanto al sabor, la preferencia estuvo dividida, pues a la mitad de las personas les gustó más la tortilla con trigo sarraceno y a la otra mitad la de maíz. Este resultado fue bastante alentador, sobre todo si se considera que se trató de un sabor nuevo, diferente a lo que las personas están acostumbradas. Sin embargo, en cuanto al color, más personas prefirieron estadísticamente la tortilla de maíz. Esto se debió al color grisáceo producido por los pigmentos de la cáscara del trigo sarraceno, los cuales se distribuyeron en toda la masa. Un resultado parecido se obtuvo con la textura, pues estadísticamente, más personas prefirieron la textura de la tortilla de maíz. Esta era un poco más suave y quebradiza, mientras que la de la tortilla de trigo sarraceno era más flexible. En cuanto al color y textura, ambas características tuvieron áreas de oportunidad que pueden ser mejoradas.

Es importante reconocer los errores que pudieron afectar esta evaluación sensorial. Primero, la temperatura de las tortillas pudo afectar el sabor, pues en general se considera más sabrosa una tortilla caliente. Para minimizar este factor, las tortillas se hicieron en el punto de la evaluación, para que fueran recién hechas. Sin embargo, fue muy difícil mantenerlos a la misma temperatura. Otro error posible es un error por estímulo, pues los resultados de sabor pudieron ser afectados por el aspecto de las muestras, sobre todo su color.

Mejoramiento de la calidad de la tortilla: aplicación de aprendizajes de la evaluación sensorial

En la evaluación sensorial se aprendió que el color y la textura no fueron aceptados por los panelistas. Con el objeto de mejorar estas dos características, se tamizó la harina de trigo sarraceno hasta 60mesh. El proceso permitió eliminar la mayor parte de la cáscara que produjo el color oscuro, y se logró una harina más fina y blanca.

Esta harina se juntó de nuevo con harina de maíz en una relación 15/85. Esta vez, las tortillas que se produjeron fueron casi tan blancas como las de maíz, y su textura se vio mejorada al aumentar un poco la elasticidad. Además, al momento de preparar las tortillas, el proceso fue más fácil, pues la textura de la masa la hacía más fácil de manejar.

Sin embargo, el rendimiento de la molienda bajó, pues al pasar la harina por el tamiz de 60mesh, el 20% de la harina 35mesh se perdió por ser muy grandes sus granos. Este debe ser un factor para analizar en el momento de calcular los costos en una producción industrial, y evaluar el costo al tener un mejor color en la tortilla.

IX. CONCLUSIONES

1. La fortificación de la harina de maíz para hacer tortillas se puede lograr por medio de la adición de harina de trigo sarraceno.
2. La nixtamalización no es un método adecuado para eliminar la cáscara del trigo sarraceno, pues la cáscara no se ve afectada por el proceso y el grano se mancha al disolverse los pigmentos negros de la misma.
3. La textura de la masa para hacer tortillas de maíz se mejora al agregar harina de trigo sarraceno en concentraciones menores a 20%, pues la hace más elástica y fácil de tortear.
4. La tortilla producida a partir de una mezcla de trigo sarraceno y maíz es aceptada en una evaluación sensorial. El 50% de los panelistas en una evaluación sensorial de tortillas de maíz prefirieron la muestra con 15% de harina de trigo sarraceno a la que no contenía nada de este grano.

X. RECOMENDACIONES

El trigo sarraceno ha probado ser un grano con excelentes características funcionales y contenido protéico, por lo que puede ser mezclado con otras harinas, como la de maíz, para fortalecerlas. Por esta razón se recomienda estudiar más a fondo, los siguientes temas en cuanto al trigo sarraceno:

1. factibilidad de cosecharlo a nivel comercial en Guatemala
2. métodos alternos para la producción de harina de trigo sarraceno, mejoramiento del color por medio de separación más efectiva de la cáscara
3. efecto del pH en la consistencia de la masa y características de la harina
4. factores que influyen en la textura (contenido de pectinas, almidón, amilasa, amilopectina, calcio, pH, etc.)

XI. BIBLIOGRAFIA

- AOAC, 1994-Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. pp 16. AOAC Inc, Virginia.
- Bressani, R. 1990. Chemistry, Thechnology, and Nutritive Value of Maize Tortillas. *Food Reviews International* 6:225-264.
- Bressani, R., A. Aguirre y N. Scrimshaw. 1959. All-Vegetable Protein Mixtures for Human Feeding. *The Journal of Nutrition*. 69:351-355.
- Bressani, R. y L.E. Ligorria. 1994. Effect of Lime Cooking of Grain Amaranth on Selected Chemical Components and on its Protein Quality. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 42:1998-2001.
- Eggum. B., I. Kreft y B. Javornik. 1981. Chemical composition and protein quality of buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition* 30:175-179.
- Francischi, M., J.M. Salgado y R.F.F Leitao. 1994. Chemical, nutritional and technological characteristics of buckwheat and non-prolamine buckwheat flours in comparitson of wheat flour. *Plant Foods for Human Nutrition* 46:323-329.
- Kayashital, J, et al. 1995. Feeding of Buckwheat Protein Extract Reduces Body Fat Content in Rats. *Current Advances in Buckwheat Research* (1995):935-940.
- Kayashital, J, et al. 1995. Production on Buckwheat Protein Extract and its Hypocholesterolemic Effect. *Current Advances in Buckwheat Research* (1995):919-926.
- Mazza, G., C.G. Campbell. 1985. Influence of Water Activity and Temperature on Dehulling of Buckwheat. *Cereal Chemistry* 62:31-34.
- Mazza, G. 1986. Buckwheat Browning and Color Assessment. *Cereal Chemistry* 63:361-364.
- Pomeranz, Y., et al. 1975. Protein Content and Amino Acid Composition of Maturing Buckwheat. *Cereal Chemistry* 52:479-485.
- Pomeranz, Y. y G. Robbins. 1972. Amino Acid Composition of Buckwheat. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 20:270-274.

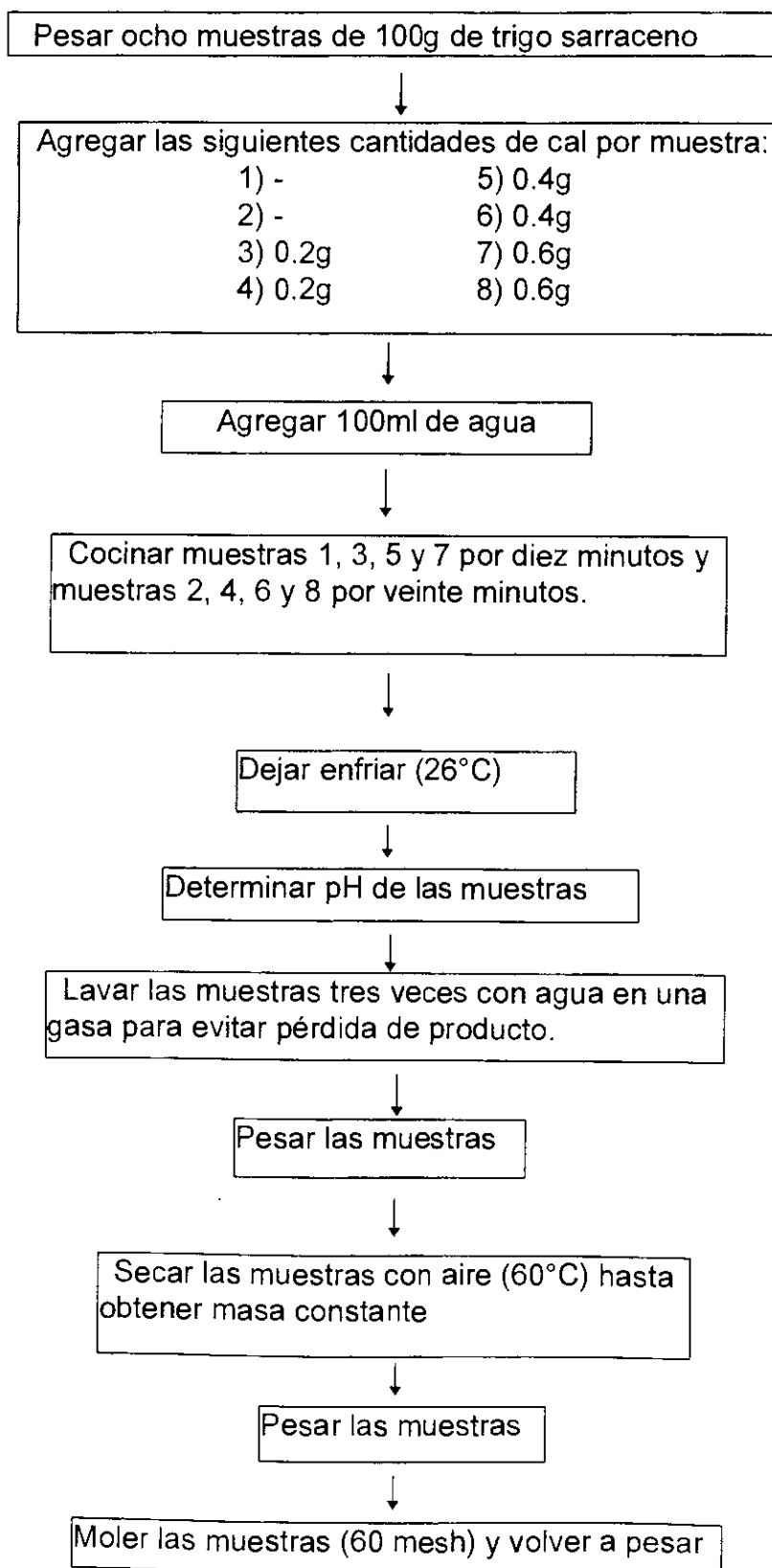
- Przybylski, R. et al. Effect of Buckwheat Storage and Milling on Flavor Compounds. *Current Advances in Buckwheat Research* (1995):783-787.
- Radovic, R., V.R. Maksimovic y E. I. Varkonji-Gasic. 1996. Characterization of Buckwheat Seed Storage Proteins. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 44:972-974.
- Skerritt, J.H. 1986. Molecular Comparison of Alcohol-Soluble Wheat and Buckwheat Proteins. *Cereal Chemistry* 63:365-369.

XII. APENDICES

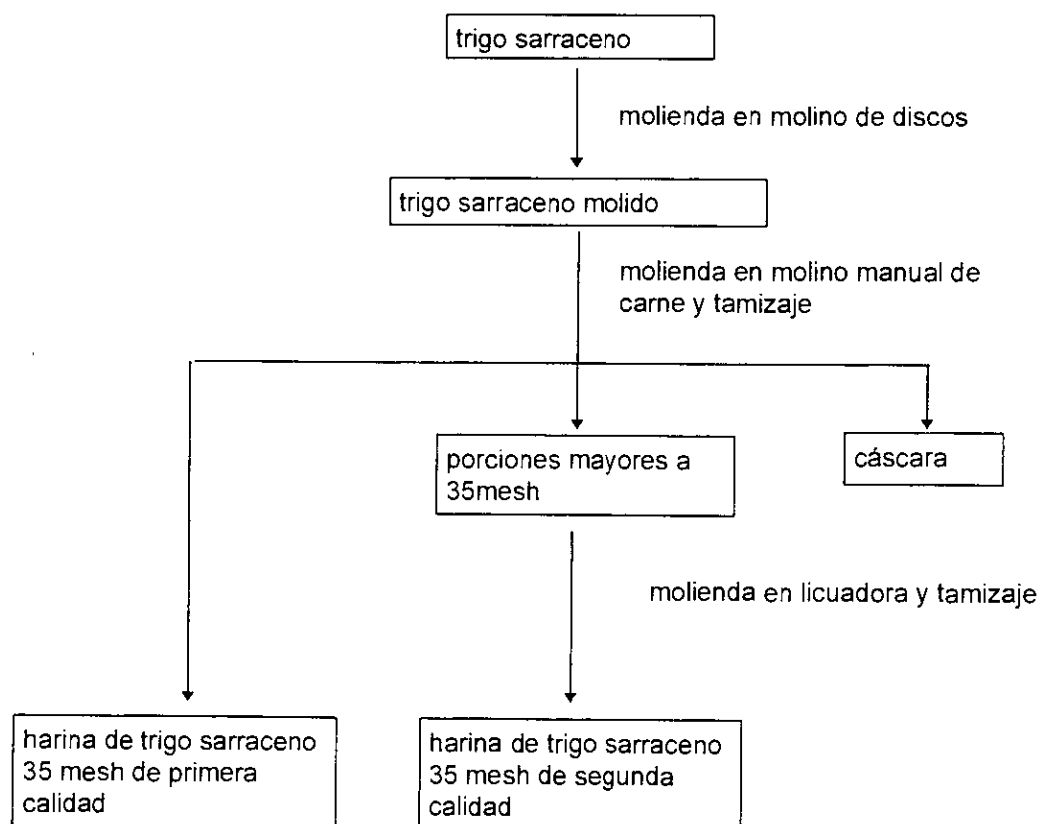
Apéndice 1

Procedimientos y Materiales

1. Nixtamalización del Trigo Sarraceno



2. Producción de harinas de trigo sarraceno



3. Determinación del Índice de Absorción de Agua en Harinas

1. Pesar 2.5 g de harina en un tubo de centrifuga de 50ml y pesar el tubo + muestra (peso inicial)
2. Agregar 30ml de agua a 30°C
3. Agitar suavemente por 30 minutos, intermitentemente
4. Centrifugar a 3000 x g por 10 minutos
5. Separar líquido sobrenadante y colocarlo en un plato Petri, previamente pesado
6. Pesar el gel que queda en el tubo

Cálculo: peso del gel/peso inicial

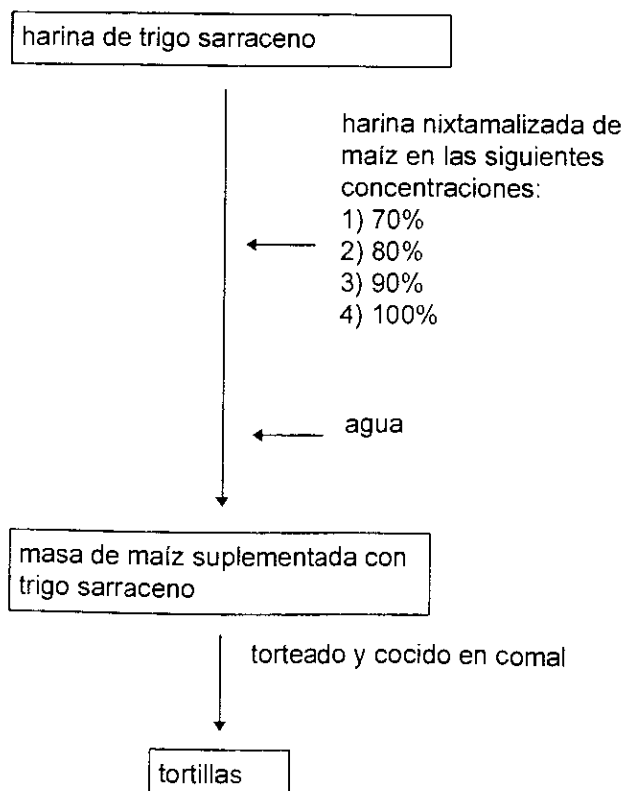
4. Determinación del Índice de Solubilidad en Agua

1. Del punto 5 (arriba), secar el sobrenadante
2. El peso del sobrenadante seco es igual a los sólidos extraídos

(Petri + sobrenadante seco) - Petri = peso de sólidos

Cálculo: $(\text{Peso de sólidos} / 2.5\text{g}) \times 100$

5. Producción de Tortillas de Harina de Trigo Sarraceno



Materiales

I. Eliminación de la cáscara del trigo sarraceno

A. Nixtamalización del trigo sarraceno

1. 800g trigo sarraceno
2. 3g cal
3. estufa
4. beakers 500ml
5. varillas de agitación
6. papel pH
7. gasa
8. balanza analítica

B. Molienda del trigo sarraceno

1. molino de discos
2. molino manual de carne
3. licuadora
4. tamices 20, 30, 35 mesh

II. Determinación del Nivel de Proteínas

1. 20g muestra trigo sarraceno/tortillas
2. ácido sulfúrico 93-98%
3. óxido de mercurio o mercurio metálico, grado reactivo
4. sulfato de potasio, grado reactivo
5. solución acuosa de tiosulfato: 80g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ en 1L de agua
6. solución acuosa de hidróxido de sodio: 450g NaOH sólido en agua fría, aforar a 1L
7. gránulos de zinc, grado reactivo
8. rojo de metilo: disolver 1g rojoMe en 200ml alcohol
9. ácido clorhídrico estándar 0.5N
10. hidróxido de sodio estándar 0.1N
11. digestor Kjeldahl
12. aparato para titular Kjeldahl
13. probetas
14. balones aforados 1L
15. balanza analítica
16. goteros
17. varilla de vidrio

III. Harina

A. Determinación de las características físicas de las harinas

1. muestras de harinas con 0, 10, 20 y 30% de trigo sarraceno
2. plato de metal con tapadera para horno (55mm)

3. horno
4. crisoles con tapadera
5. desecadora
6. balanza
7. probetas
8. centrífuga y tubos
9. horno
10. caja Petri

IV. Tortillas

A. Producción de tortillas

1. 1kg mezcla de harinas (0/100)
2. 1kg mezcla de harinas (10/90)
3. 1kg mezcla de harinas (20/80)
4. 1kg mezcla de harinas (30/70)
5. recipientes para mezclar
6. comal

B. Humedad y otras características físicas de las tortillas

1. muestras de tortillas producidas con 0, 10, 20 y 30% trigo sarraceno
2. plato de metal con tapadera para horno (55mm)
3. horno
4. desecadora
5. balanza
6. tubos PVC

V. Evaluación sensorial

1. muestras tortillas producidas con 0, 10, 20 y 30% trigo sarraceno
2. platos y vasos desechables

BOLETA DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Pruebe las dos muestras de tortillas que se encuentran frente a usted, empezando con la muestra de la izquierda. Marque con una cruz el cuadro junto al número que identifica la muestra que prefiere, en cuanto a:

SABOR	659	<input type="checkbox"/>	261	<input type="checkbox"/>
COLOR	659	<input type="checkbox"/>	261	<input type="checkbox"/>
TEXTURA	659	<input type="checkbox"/>	261	<input type="checkbox"/>

Si tiene algún comentario, escríbalo aquí:

APENDICE 2

Tablas y Gráficas Adicionales

Tabla 1a
Granulometría de la molienda de trigo sarraceno
a diferentes humedades del grano
 (resultados en gramos)

% humedad	peso inicial de la harina	recuperaciones				total	pérdida en el proceso
		35 mesh	30mesh	20mesh	>20mesh		
23.79%	29.9974	6.0186	1.6875	2.7994	17.4504	27.9559	2.0415
22.49%	30.0241	5.1572	1.0444	2.8687	18.6810	27.7513	2.2728
18.68%	50.0700	20.5542	3.8358	4.7600	19.1400	48.2900	1.7800
6.58%	50.0300	19.1985	3.9815	3.9400	20.1100	47.2300	2.8000
6.03%	50.0500	18.1908	4.8692	4.3400	20.1100	47.5100	2.5400

Tabla 1b
Granulometría de la molienda de trigo sarraceno
a diferentes humedades del grano
 (resultados en porcentajes)

% humedad	peso inicial de la harina	recuperaciones				total	pérdida en el proceso
		35 mesh	30mesh	20mesh	>20mesh		
23.79%	29.9974	20.06%	5.63%	9.33%	58.17%	93.19%	6.81%
22.49%	30.0241	17.18%	3.48%	9.55%	62.22%	92.43%	7.57%
18.68%	50.0700	41.05%	7.66%	9.51%	38.23%	96.44%	3.56%
6.58%	50.0300	38.37%	7.96%	7.88%	40.20%	94.40%	5.60%
6.03%	50.0500	36.35%	9.73%	8.67%	40.18%	94.93%	5.07%

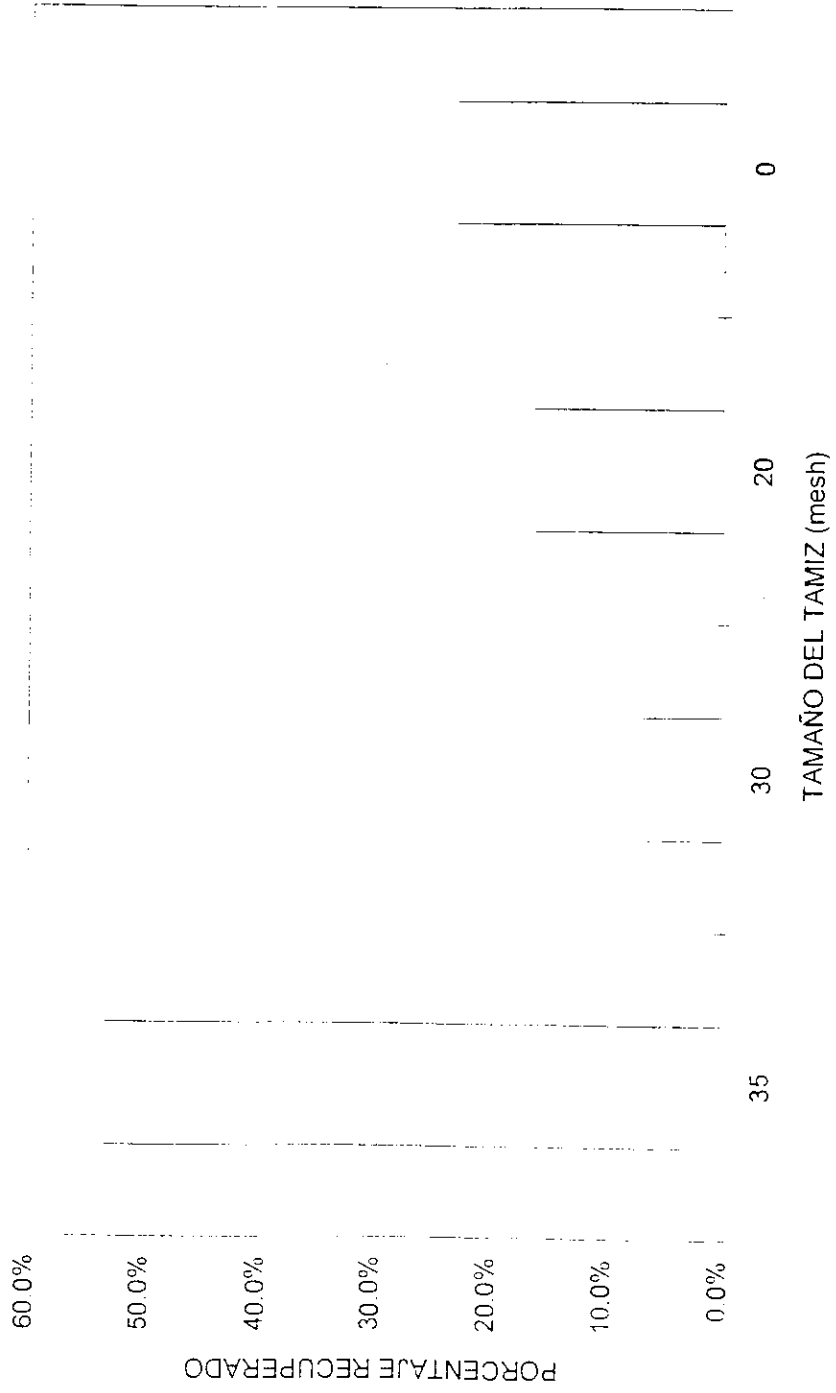
Tabla 2
Segunda molienda del trigo sarraceno
Rendimiento del reproceso de las partículas de grano mayores a 35mesh

peso inicial de granos 20 y 30 mesh	192.4g	100%
harina 35 mesh recuperada	96.0g	50%
residuos 20 y 30 mesh	96.4g	50%

GRAFICA 1

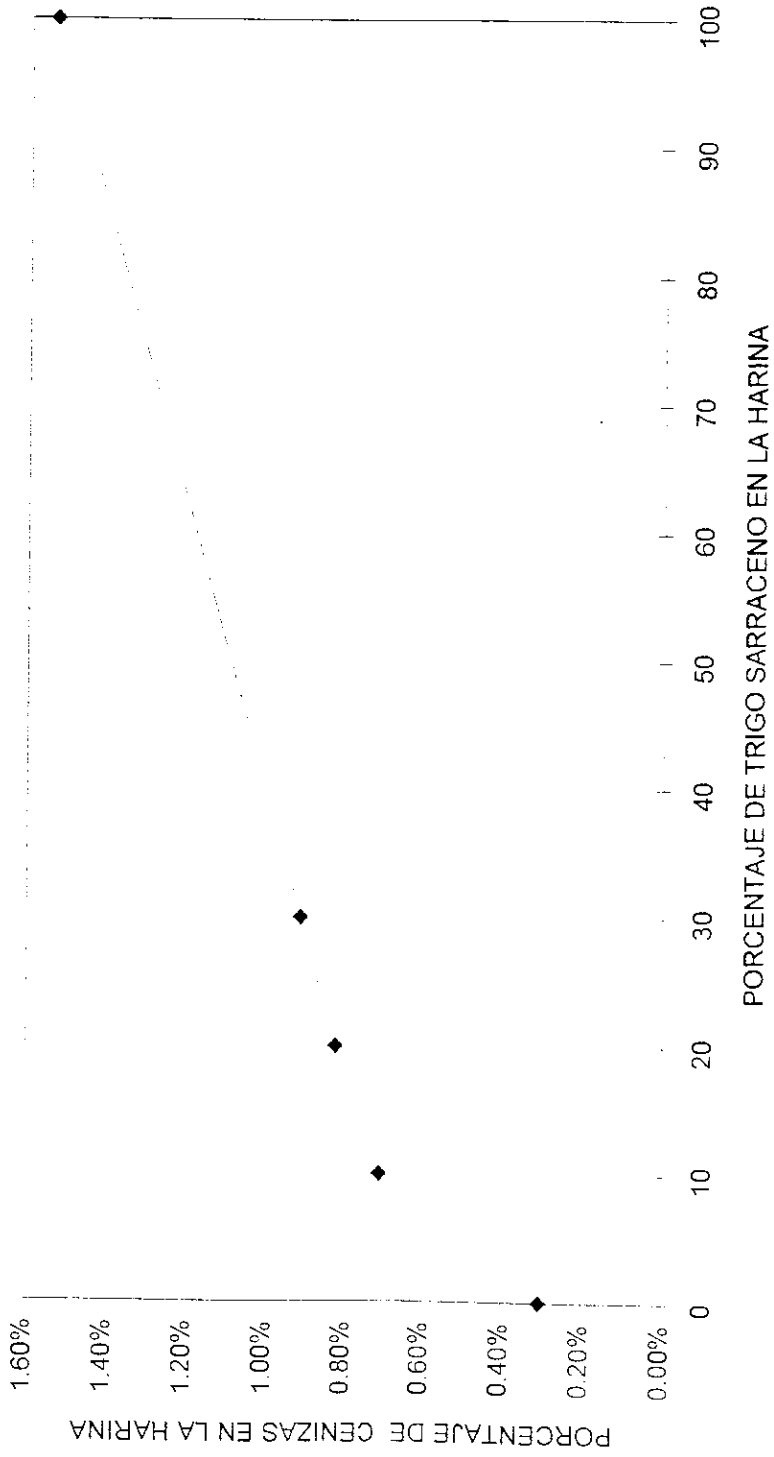
ANEXOS

DISTRIBUCION DE PARTICULAS EN LA
MOLIENDA DE TRIGO SARRACENO

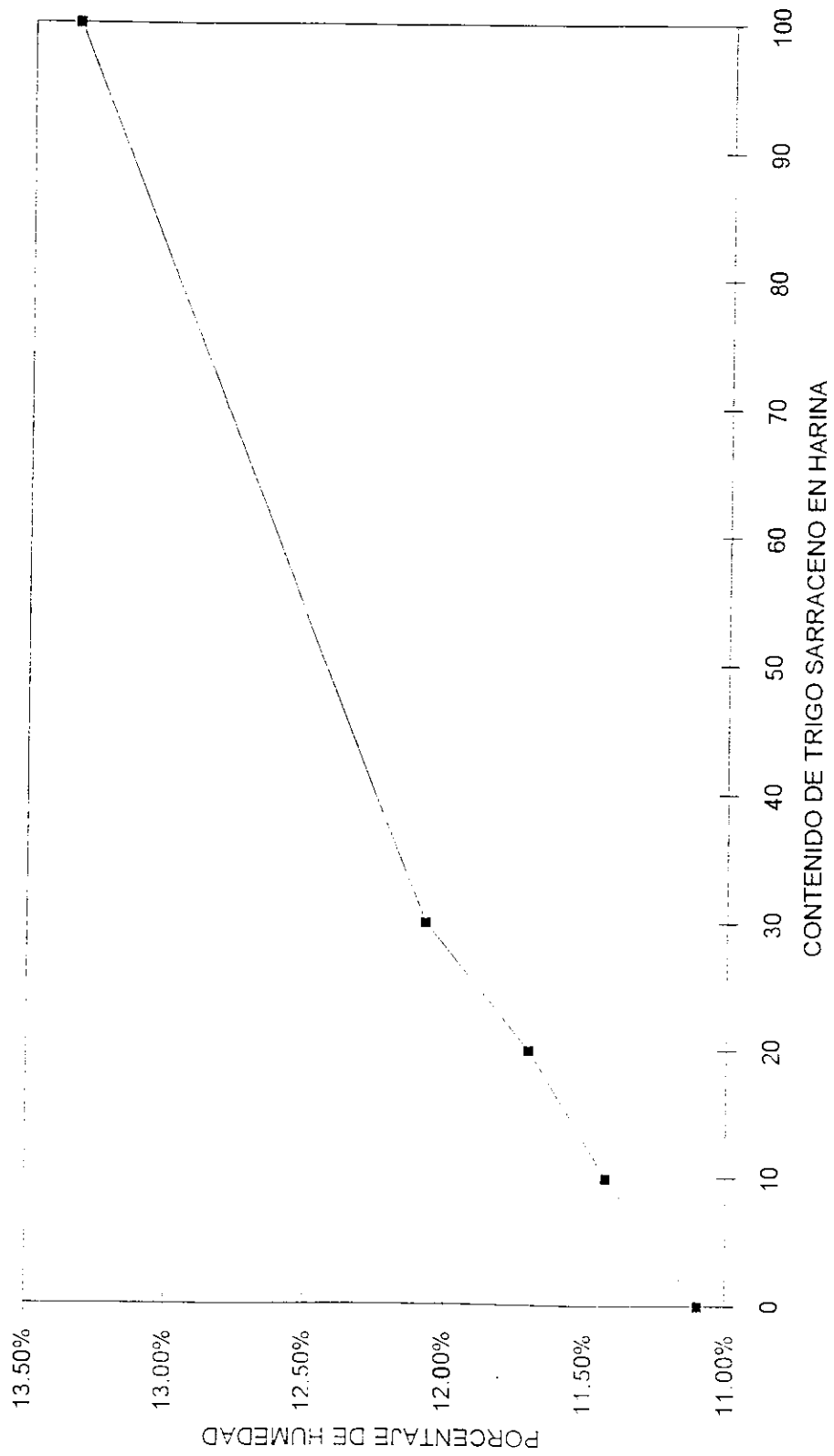


GRAFICA 2
ANEXOS

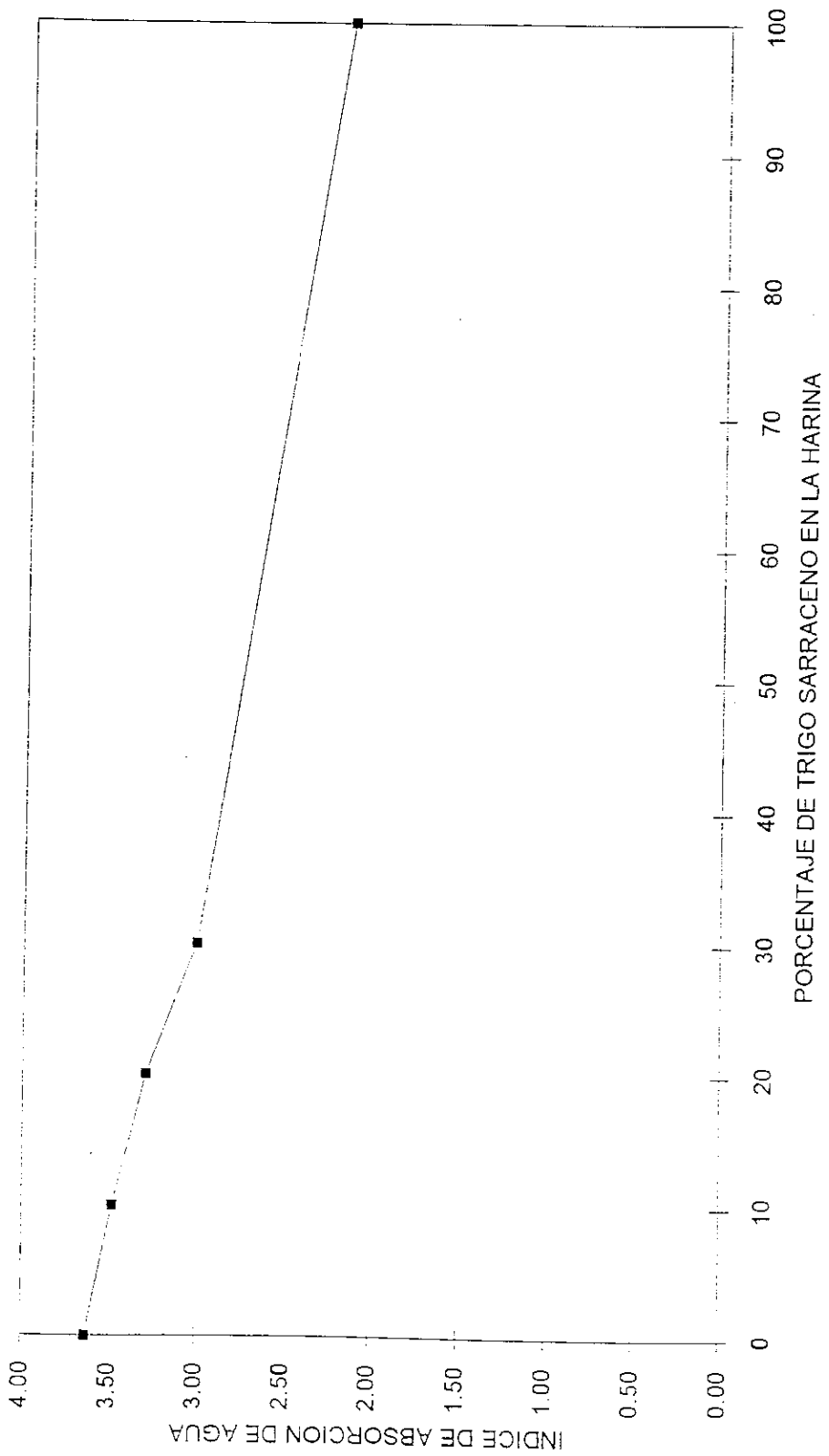
CONTENIDO DE CENIZAS EN LAS MEZCLAS DE HARINAS
DE MAIZ Y TRIGO SARRACENO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES



GRAFICA 3
ANEXOS
CONTENIDO DE HUMEDAD EN MEZCLAS DE HARINA DE
TRIGO SARRACENO Y MAIZ AN DIFERENTES CONCENTRACIONES

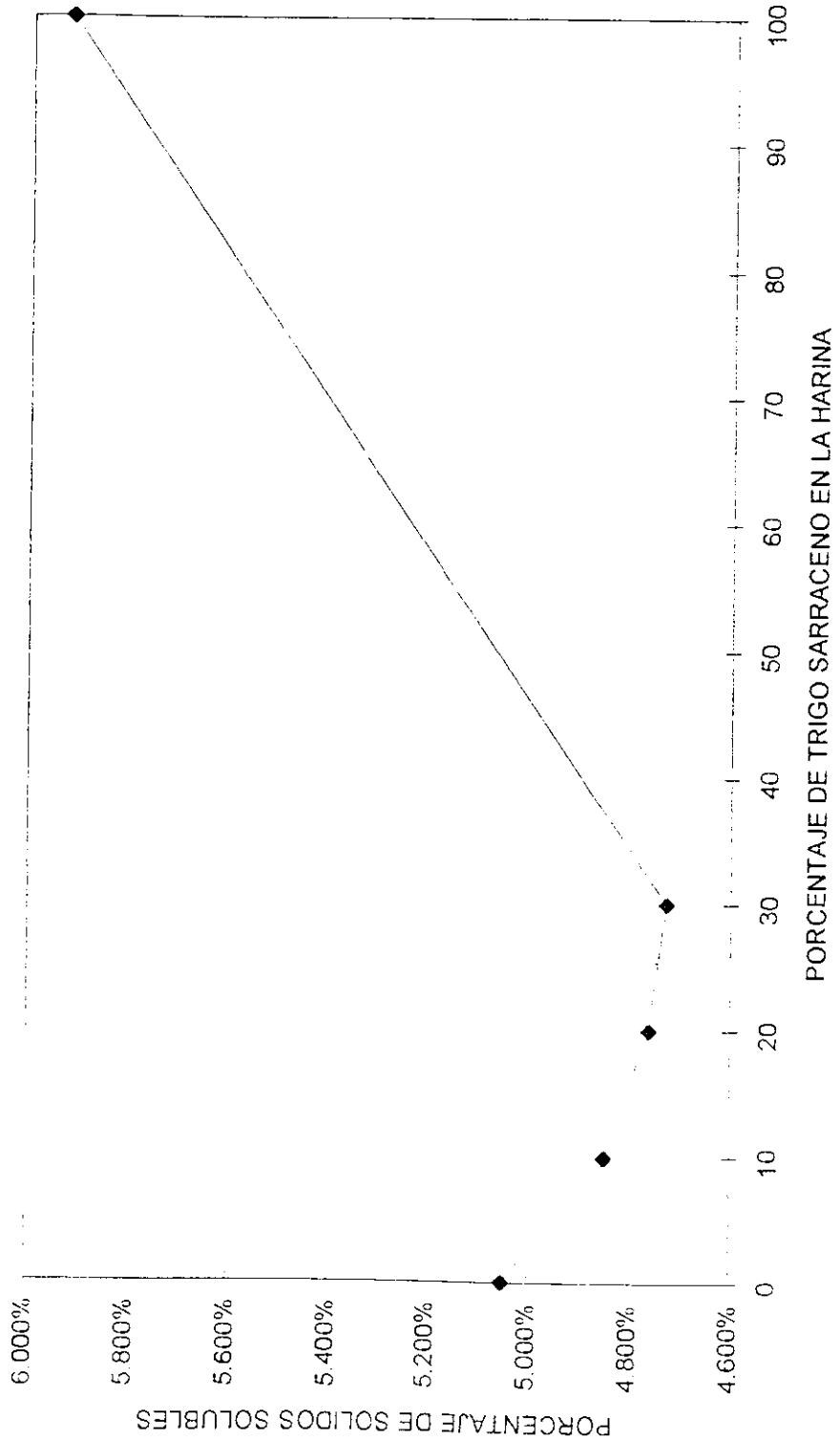


GRAFICA 4
ANEXOS
INDICE DE ABSORCION DE AGUA EN HARINAS CON DIFERENTES
PROPORCIONES DE TRIGO SARRACENO/MAIZ



GRAFICA 5
ANEXOS

SOLIDOS SOLUBLES EN HARINAS CON DIFERENTES
RELACIONES DE TRIGO SARRACENO Y MAIZ



Return to [main USDA page](#)Return to [FATFREE home page](#)See [Nutritional Data for 1/2 CUP](#)See [Nutritional Data for 1 CUP](#)

Nutritional Data for 100 grams of BUCKWHEAT

Mean value per 100.00 grams edible part; 0.0% refuse

Portions: 1/2 CUP = 85.00 gm, 1 CUP = 170.00 gm

3.8% Cals from fat, 15.6% Cals from protein, 75.6% Cals from carbs.

Name	Unit	Amount	Male %RDA	Female %RDA
Food energy	KCal:	343.000	11.8%	15.6%
Protein	Gms :	13.250	21.0%	26.5%
Total lipid (fat)	Gms :	3.400	3.5%	4.6%
Carbohydrate, by diff.	Gms :	71.500	15.2%	21.3%
Total saturated fat	Gms :	0.741	2.3%	3.0%
Total monounsaturated fat	Gms :	1.040		
Total polyunsaturated fat	Gms :	1.039		
Cholesterol	Mg :	0.000	0.0%	0.0%
Sodium	Mg :	1.000	0.2%	0.2%
Total dietary fiber	Gms :	10.000	40.0%	40.0%
Vitamin A	Re :	0.000	0.0%	0.0%
Vitamin A	IU :	0.000		
Ascorbic acid	Mg :	0.000	0.0%	0.0%
Thiamin	Mg :	0.101	6.7%	9.2%
Riboflavin	Mg :	0.425	25.0%	32.7%
Niacin	Mg :	7.020	36.9%	46.8%
Vitamin B6	Mg :	0.210	10.5%	13.1%
Colacin	Mcg :	30.000	15.0%	16.7%
Vitamin B12	Mcg :	0.000	0.0%	0.0%
Potassium	Mg :	460.000	23.0%	23.0%
Calcium	Mg :	18.000	2.2%	2.2%
Phosphorus	Mg :	347.000	43.4%	43.4%
Magnesium	Mg :	231.000	66.0%	82.5%
Iron	Mg :	2.200	22.0%	14.7%
Zinc	Mg :	2.400	16.0%	20.0%
Pantothenic acid	Mg :	1.233	24.7%	24.7%
Copper	Mg :	1.100	55.0%	55.0%
Manganese	Mg :	1.300	37.1%	37.1%
Fat	Gms :	2.100		
Water	Gms :	9.750		
Food energy	KJ :	1437.000		
Caprylic acid (8:0)	Gms :	0.035		
Capric acid (10:0)	Gms :	0.019		
Lauric acid (12:0)	Gms :	0.010		
Myristic acid (14:0)	Gms :	0.025		
Palmitic acid (16:0)	Gms :	0.450		
Stearic acid (18:0)	Gms :	0.047		
Palmitoleic acid(16:1)	Gms :	0.023		
oleic acid (18:1)	Gms :	0.988		
Docosenoic acid (22:1)	Gms :	0.012		
Linoleic acid (18:2/n6)	Gms :	0.961	15.0%	19.6%
Linolenic acid(18:3/n3)	Gms :	0.072	4.9%	6.5%
Histidine	Gms :	0.309	32.5%	40.7%
Isoleucine	Gms :	0.498	63.0%	79.0%
Leucine	Gms :	0.830	75.0%	94.5%

Lysine	Gms :	0.672	70.7%	88.4%
Methionine	Gms :	0.172		
Cystine	Gms :	0.229		
Methionine+Cystine	Gms :	0.401	38.9%	48.9%
Phenylalanine	Gms :	0.520		
Tyrosine	Gms :	0.241		
Phenylalanine+Tyrosine	Gms :	0.761	68.6%	86.5%
Threonine	Gms :	0.506	92.0%	57.5%
Tryptophan	Gms :	0.192	68.6%	87.3%
Valine	Gms :	0.678	85.8%	107.6%
Arginine	Gms :	0.982		
Alanine	Gms :	0.748		
Aspartic acid	Gms :	1.133		
Glutamic acid	Gms :	2.046		
Glycine	Gms :	1.031		
Protein	Gms :	0.507		
Serine	Gms :	0.685		

Protein Score: 100, 51% ideal. EAA score: 1.55.

Limiting Amino Acid: Histidine

[Return to main USDA page](#)

[Return to FATFREE home page](#)

[See Nutritional Data for 1/2 CUP](#)

[See Nutritional Data for 1 CUP](#)

Nutritional Data for 100 grams of CORN, YELLOW

Mean value per 100.00 grams edible part; 0.0% refuse

Portions: 1/2 CUP = 83.00 gm, 1 CUP = 166.00 gm

12.0% Cals from fat, 10.9% Cals from protein, 77.1% Cals from carbs.

Name	Unit	Amount	Male %RDA	Female %RDA
Food energy	KCal:	365.000	12.6%	16.6%
Protein	Gms :	9.420	15.0%	18.8%
Total lipid (fat)	Gms :	4.740	4.9%	6.5%
Carbohydrate, by diff.	Gms :	74.260	15.8%	22.2%
Total saturated fat	Gms :	0.667	2.1%	2.7%
Ttl monounsaturated fat	Gms :	1.251		
Ttl polyunsaturated fat	Gms :	2.163		
Cholesterol	Mg :	0.000	0.0%	0.0%
Sodium	Mg :	35.000	7.0%	7.0%
Vitamin A	Re :	47.000	4.7%	5.9%
Vitamin A	IU :	469.000		
Alpha tocopherol	Mg :	0.490	4.9%	6.1%
Ascorbic acid	Mg :	0.000	0.0%	0.0%
Thiamin	Mg :	0.385	25.7%	35.0%
Riboflavin	Mg :	0.201	11.8%	15.5%
Niacin	Mg :	3.627	19.1%	24.2%
Vitamin B6	Mg :	0.622	31.1%	38.9%
Folacin	Mcg :	19.000	9.5%	10.6%
Vitamin B12	Mcg :	0.000	0.0%	0.0%
Potassium	Mg :	287.000	14.3%	14.3%
Calcium	Mg :	7.000	0.9%	0.9%
Phosphorus	Mg :	210.000	26.2%	26.2%
Magnesium	Mg :	127.000	36.3%	45.4%
Iron	Mg :	2.710	27.1%	18.1%
Zinc	Mg :	2.210	14.7%	18.4%
Pantothenic acid	Mg :	0.424	8.5%	8.5%
Copper	Mg :	0.314	15.7%	15.7%
Manganese	Mg :	0.485	13.9%	13.9%
Ash	Gms :	1.200		
Water	Gms :	10.370		
Food energy	KJ :	1527.000		
Palmitic acid (16:0)	Gms :	0.569		
Stearic acid (18:0)	Gms :	0.075		
Palmitoleic acid(16:1)	Gms :	0.004		
oleic acid (18:1)	Gms :	1.247		
Linoleic acid (18:2/n6)	Gms :	2.097	32.8%	42.8%
Linolenic acid(18:3/n3)	Gms :	0.065	4.1%	5.4%
Isoleucine	Gms :	0.287	30.2%	37.8%
Valine	Gms :	0.337	42.7%	53.5%
Leucine	Gms :	1.155	104.1%	131.2%
Lysine	Gms :	0.265	27.9%	34.9%
Methionine	Gms :	0.197		
Cystine	Gms :	0.170		
Methionine+Cystine	Gms :	0.367	25.6%	44.8%
Phenylalanine	Gms :	0.463		

Tyrosine	Gms :	0.383		
Phenylalanine+Tyrosine	Gms :	0.846	76.2%	96.1%
Threonine	Gms :	0.354	64.4%	40.2%
Tryptophan	Gms :	0.067	23.9%	30.5%
Valine	Gms :	0.477	60.4%	75.7%
Arginine	Gms :	0.470		
Alanine	Gms :	0.705		
Aspartic acid	Gms :	0.655		
Glutamic acid	Gms :	1.768		
Glycine	Gms :	0.386		
Protein	Gms :	0.822		
Serine	Gms :	0.447		

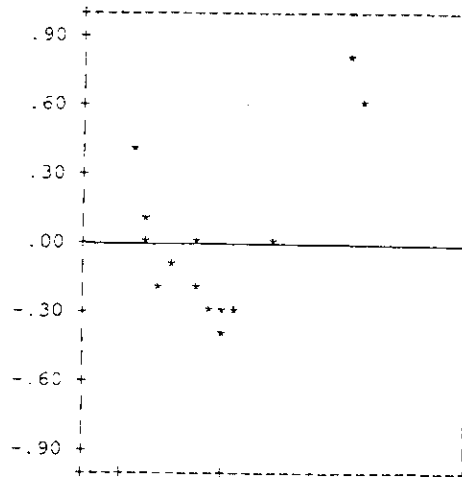
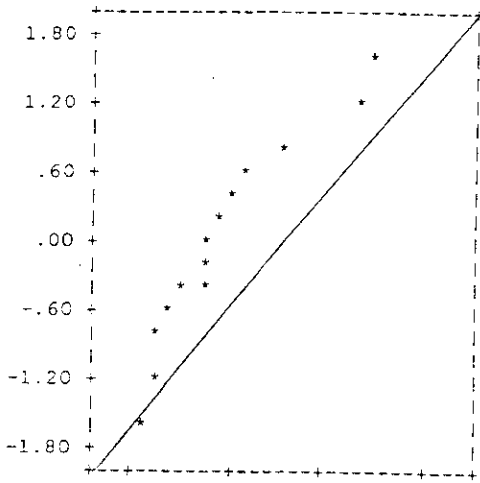
Protein Score: 100, 44% ideal. EAA score: 1.60.
Limiting Amino Acid: Tryptophan

APENDICE 3

Datos y Tablas Estadísticas

HUM humedad
 Valid cases: 15.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0
 Mean .1193 Std Err .0022 Min .1093 Skewness 1.1343
 Median .1178 Variance .0001 Max .1372 S E Skew .5801
 5% Trim .1188 Std Dev .0085 Range .0279 Kurtosis .7440
 IQR .0104 S E Kurt 1.1209
 Extreme Values

5 Highest	Case #	5 Lowest	Case #
.1372	CASE5	.1093	CASE6
.1362	CASE10	.1102	CASE7
.1267	CASE15	.1115	CASE11
.1225	CASE9	.1121	CASE1
.1200	CASE14	.1147	CASE12



	Statistic	df	Significance
Y-S Shapiro-Wilks	.8786	15	.0473
K-S (Lilliefors)	.1986	15	.1148

> 0.05 => distribución normal

Variable HUM PORCENTJE DE HUMEDAD
 By Variable GRUPO

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F	PROB.
BETWEEN GROUPS	4	.0009	.0002	21.1026	.0001
WITHIN GROUPS	10	.0001	.0000		
TOTAL	14	.0010			

< 0.05 => sí hay diferencia

STANDARD STANDARD

GROUP	COUNT	MEAN	STANDARD DEVIATION	STANDARD ERROR	95 PCT CONF INT FOR MEAN
Grp 1	3	.1110	.0014	.0008	.1074 TO .1145
Grp 2	3	.1142	.0038	.0022	.1047 TO .1238
Grp 3	3	.1170	.0009	.0005	.1149 TO .1192
Grp 4	3	.1207	.0015	.0009	.1169 TO .1245
Grp 5	3	.1334	.0058	.0033	.1190 TO .1478

TOTAL 15 .1193 .0085 .0022 .1146 TO .1240

FIXED EFFECTS MODEL .0033 .0008 .1174 TO .1211

RANDOM EFFECTS MODEL .0039 .1085 TO .1300
 RANDOM EFFECTS MODEL - ESTIMATE OF BETWEEN COMPONENT VARIANCE 0.0001

GROUP MINIMUM MAXIMUM

Grp 1	.1093	.1121
Grp 2	.1102	.1178
Grp 3	.1164	.1180
Grp 4	.1196	.1225
Grp 5	.1267	.1372

TOTAL .1093 .1372

MULTIPLE RANGE TEST

LSD PROCEDURE

RANGES FOR THE 0.050 LEVEL -

3.15 3.15 3.15 3.15

THE RANGES ABOVE ARE TABLE RANGES.

THE VALUE ACTUALLY COMPARED WITH MEAN(J)-MEAN(I) IS..

$0.0023 * \text{RANGE} * \text{DSQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$

(*) DENOTES PAIRS OF GROUPS SIGNIFICANTLY DIFFERENT AT THE 0.050 LEVEL

G G G G G

r r r r r

p p p p p

Mean	Group	1	2	3	4	5
.1110	Grp 1					
.1142	Grp 2					
.1170	Grp 3	*				
.1207	Grp 4	**				
.1334	Grp 5	****				

HOMOGENEOUS SUBSETS (SUBSETS OF GROUPS, WHOSE HIGHEST AND LOWEST MEAN DO NOT DIFFER BY MORE THAN THE SHORTEST SIGNIFICANT RANGE FOR A SUBSET OF THAT SIZE)

SUBSET 1

GROUP	Grp 1	Grp 2
MEAN	0.1110	0.1142

SUBSET 2

GROUP	Grp 2	Grp 3
MEAN	0.1142	0.1170

SUBSET 3

GROUP	Grp 3	Grp 4
MEAN	0.1170	0.1207

SUBSET 4

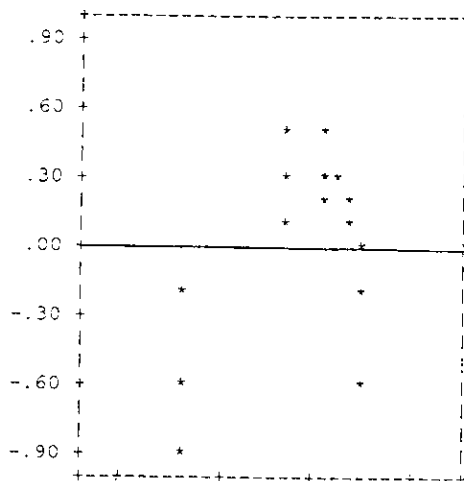
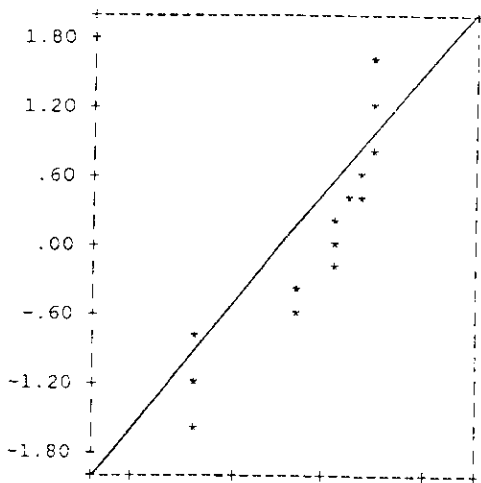
GROUP	Grp 5
MEAN	0.1334

ABS INDICE DE ABSORCION DE AGUA

Valid cases: 15.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0
 Mean 3.1135 Std Err .1403 Min 2.1465 Skewness -1.0635
 Median 3.2917 Variance .2953 Max 3.6428 S E Skew .5801
 5% Trim 3.1378 Std Dev .5434 Range 1.4962 Kurtosis -1.836
 ; IQR .5230 S E Kurt 1.1209

Extreme Values

5 Highest	Case #	5 Lowest	Case #
3.643	CASE11	2.147	CASE5
3.641	CASE1	2.153	CASE15
3.621	CASE6	2.157	CASE10
3.515	CASE7	2.992	CASE14
3.498	CASE12	3.008	CASE4



1.600 2.400 3.200 4.000 1.600 2.400 3.200 4.000
 Normal Plot Detrended Normal Plot

Statistic df Significance

Shapiro-Wilks .8117 15 < .0100
 K-S (Lilliefors) .1651 15 > .2000 > 0.05 => distribution normal

ANALYSIS OF VARIANCE

SUM OF MEAN F F

SOURCE D.F. SQUARES SQUARES RATIO PROB.

BETWEEN GROUPS 4 4.1302 1.0326 2353.6416 .0000 < 0.05 => hay diferencias
 WITHIN GROUPS 10 .0044 .0004
 TOTAL 14 4.1346

STANDARD STANDARD

GROUP COUNT MEAN DEVIATION ERROR 95 PCT CONF INT FOR MEAN

Grp 1 3 3.6349 .0120 .0069 3.6051 TO 3.6647
 Grp 2 3 3.4822 .0431 .0249 3.3750 TO 3.5893
 Grp 3 3 3.2949 .0081 .0047 3.2747 TO 3.3151
 Grp 4 3 3.0034 .0097 .0056 2.9794 TO 3.0275
 Grp 5 3 2.1523 .0053 .0031 2.1390 TO 2.1655

TOTAL 15 3.1135 .5434 .1403 2.8126 TO 3.4145

FIXED EFFECTS MODEL .0209 .0054 3.1015 TO 3.1256

RANDOM EFFECTS MODEL .2624 2.3851 TO 3.8420

RANDOM EFFECTS MODEL - ESTIMATE OF BETWEEN COMPONENT VARIANCE 0.3440

GROUP MINIMUM MAXIMUM

Grp 1 3.6211 3.6428

Grp 2	3.4334	3.5153
Grp 3	3.2889	3.3042
Grp 4	2.9923	3.0100
Grp 5	2.1465	2.1571
TOTAL	2.1465	3.6428

Tests for Homogeneity of Variances

Cochrans C = Max. Variance/Sum(Variiances) = .8485, P = .003 (Approx.)
 Bartlett-Box F = 2.534, P = .043
 Maximum Variance / Minimum Variance 65.289

MULTIPLE RANGE TEST

LSD PROCEDURE

RANGES FOR THE 0.050 LEVEL -

3.15 3.15 3.15 3.15

THE RANGES ABOVE ARE TABLE RANGES.

THE VALUE ACTUALLY COMPARED WITH MEAN(J)-MEAN(I) IS..

0.0148 * RANGE * DSQRT(1/N(I) + 1/N(J))

(*) DENOTES PAIRS OF GROUPS SIGNIFICANTLY DIFFERENT AT THE 0.050 LEVEL

G G G G G

r r r r r

p p p p p

Mean	Group	5	4	3	2	1
2.1523	Grp 5					
3.0034	Grp 4	*				
3.2949	Grp 3	**				
3.4822	Grp 2	***				
3.6349	Grp 1	****				

HOMOGENEOUS SUBSETS (SUBSETS OF GROUPS, WHOSE HIGHEST AND LOWEST MEANS NOT DIFFER BY MORE THAN THE SHORTEST SIGNIFICANT RANGE FOR A SUBSET OF THAT SIZE)

DO

SUBSET 1

GROUP Grp 5
 MEAN 2.1523

SUBSET 2

GROUP Grp 4
 MEAN 3.0034

SUBSET 3

GROUP Grp 3
 MEAN 3.2949

SUBSET 4

GROUP Grp 2
 MEAN 3.4822

SUBSET 5

GROUP Grp 1
 MEAN 3.6349

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
--------	------	----------------	--------------	---------	---------

BETWEEN GROUPS	4	.0003	.0001	31.3243	.0000
WITHIN GROUPS	10	.0000	.0000		
TOTAL	14	.0003			

STANDARD STANDARD

GROUP	COUNT	MEAN	STANDARD DEVIATION	STANDARD ERROR	95 PCT CONF INT FOR MEAN
Grp 1	3	.0505	.0009	.0005	.0482 TO .0529
Grp 2	3	.0485	.0009	.0005	.0462 TO .0508
Grp 3	3	.0476	.0009	.0005	.0454 TO .0498
Grp 4	3	.0473	.0010	.0006	.0447 TO .0499
Grp 5	3	.0592	.0029	.0017	.0521 TO .0663
TOTAL	15	.0506	.0048	.0012	.0480 TO .0533

FIXED EFFECTS MODEL .0015 .0004 .0497 TO .0515

RANDOM EFFECTS MODEL .0022 .0445 TO .0568

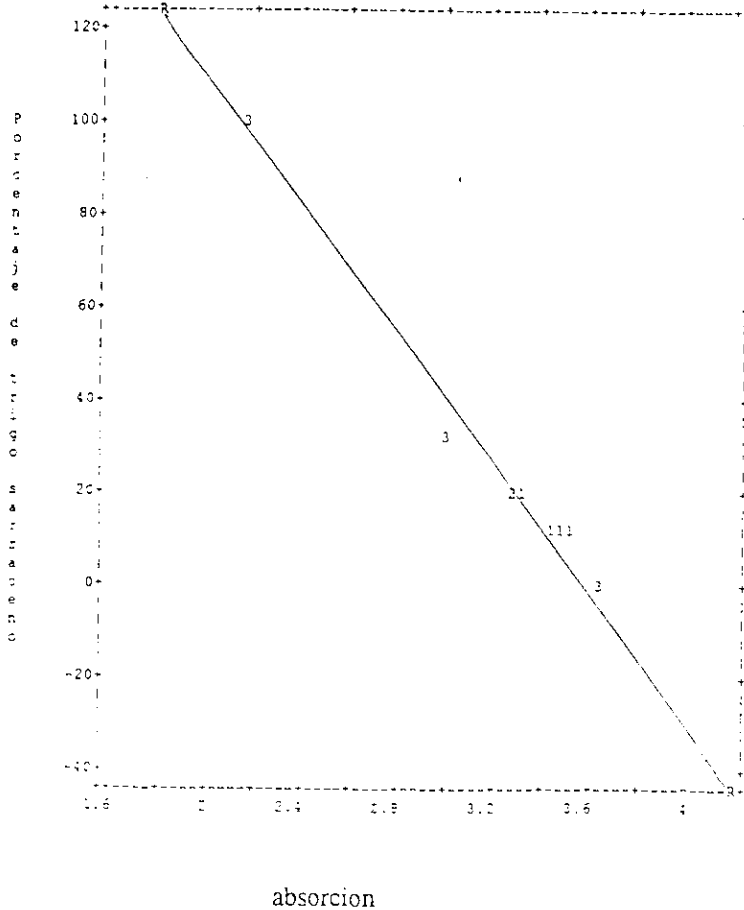
RANDOM EFFECTS MODEL - ESTIMATE OF BETWEEN COMPONENT VARIANCE 0.0000

GROUP	MINIMUM	MAXIMUM
-------	---------	---------

Grp 1	.0498	.0516
Grp 2	.0477	.0495
Grp 3	.0466	.0482
Grp 4	.0461	.0479
Grp 5	.0562	.0619

TOTAL	.0461	.0619
-------	-------	-------

PLOT OF TS WITH ABS



15 cases plotted. Regression statistics of TS on ABS:

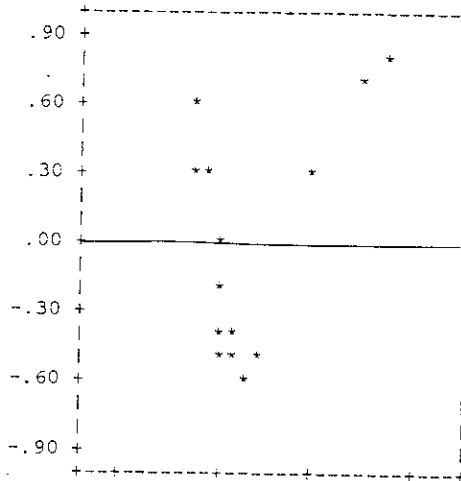
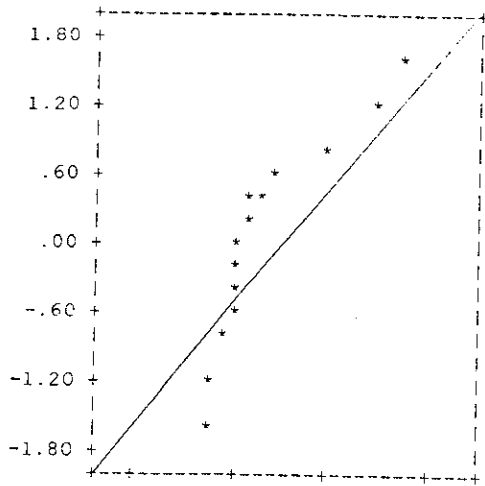
Correlation -.99014 R Squared .98037 S.E. of Est 5.33407 Sig. .0000
 Intercept(S.E.) 240.09855(8.28287) Slope(S.E.) -.66.83693(2.62325)

SOL Solidos solubles

Valid cases: 15.0 Missing cases: .0 Percent missing: .0
 Mean .0506 Std Err .0012 Min .0461 Skewness 1.5468
 Median .0483 Variance .0000 Max .0619 S E Skew .5801
 5% Trim .0503 Std Dev .0048 Range .0158 Kurtosis 1.3957
 ; IQR .0037 S E Kurt 1.1209

Extreme Values

5 Highest	Case #	5 Lowest	Case #
.0619	CASE5	.0461	CASE9
.0595	CASE15	.0466	CASE8
.0562	CASE10	.0477	CASE7
.0516	CASE1	.0479	CASE14
.0502	CASE11	.0479	CASE4



.0400 .0480 .0560 .0640 .0400 .0480 .0560 .0640
 Normal Plot Detrended Normal Plot

Statistic df Significance

Shapiro-Wilks .7782 15 <.0100

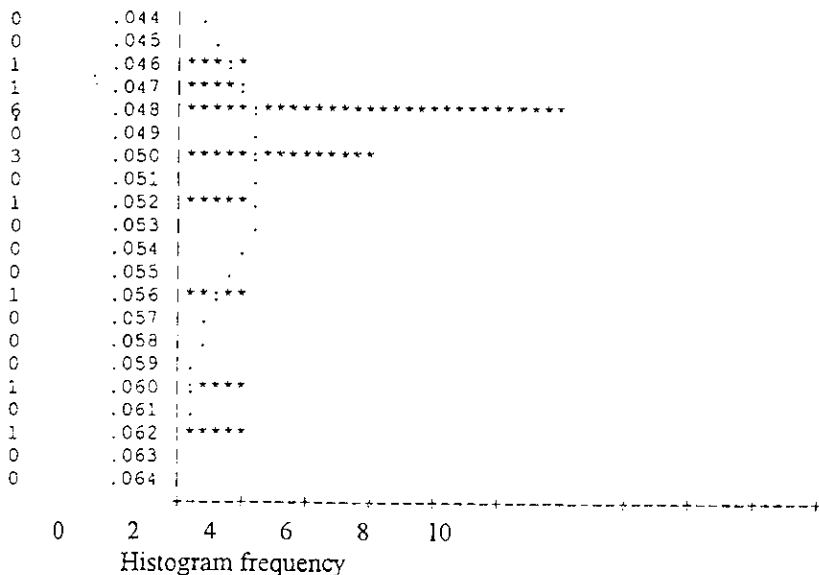
K-S (Lilliefors) .2690 15 .0046 <0.05 => no es distribucion normal

SOL Solidos solubles

Valid Cum

Value Label	Value	Frequency	Percent	Percent	Percent
	.0461	1	6.7	6.7	6.7
	.0466	1	6.7	6.7	13.3
	.0477	1	6.7	6.7	20.0
	.0479	2	13.3	13.3	33.3
	.0480	1	6.7	6.7	40.0
	.0482	1	6.7	6.7	46.7
	.0483	1	6.7	6.7	53.3
	.0495	1	6.7	6.7	60.0
	.0498	1	6.7	6.7	66.7
	.0502	1	6.7	6.7	73.3
	.0516	1	6.7	6.7	80.0
	.0562	1	6.7	6.7	86.7
	.0595	1	6.7	6.7	93.3
	.0619	1	6.7	6.7	100.0
Total		15	100.0	100.0	

Count Midpoint One symbol equals approximately .20 occurrences



Mean	.051	Std err	.001	Median	.048
Mode	.048	Std dev	.005	Variance	.000
Kurtosis	1.396	S E Kurt	1.121	Skewness	1.547
S E Skew	.580	Range	.016	Minimum	.046
Maximum	.062	Sum	.759		

By Variable GRUPO

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO	F PROB.
BETWEEN GROUPS	4	.0003	.0001	31.3243	.0000
WITHIN GROUPS	10	.0000	.0000		
TOTAL	14	.0003			

STANDARD STANDARD

GROUP COUNT MEAN DEVIATION ERROR 95 PCT CONF INT FOR MEAN

Grp 1	3	.0505	.0009	.0005	.0482 TO .0529
Grp 2	3	.0485	.0009	.0005	.0462 TO .0508
Grp 3	3	.0476	.0009	.0005	.0454 TO .0498
Grp 4	3	.0473	.0010	.0006	.0447 TO .0499
Grp 5	3	.0592	.0029	.0017	.0521 TO .0663
TOTAL	15	.0506	.0048	.0012	.0480 TO .0533

FIXED EFFECTS MODEL .0015 .0004 .0497 TO .0515

RANDOM EFFECTS MODEL .0022 .0445 TO .0568

RANDOM EFFECTS MODEL - ESTIMATE OF BETWEEN COMPONENT VARIANCE 0.0000

GROUP MINIMUM MAXIMUM

Grp 1	.0498	.0516
Grp 2	.0477	.0495
Grp 3	.0466	.0482
Grp 4	.0461	.0479
Grp 5	.0562	.0619
TOTAL	.0461	.0619

Tests for Homogeneity of Variances

Cochrans C = Max. Variance/Sum(Variances) = .6962, P = .043 (Approx.)

Bartlett-Box F = 1.114, P = .352

Maximum Variance / Minimum Variance 10.776

MULTIPLE RANGE TEST

LSD PROCEDURE

RANGES FOR THE 0.050 LEVEL -

3.15 3.15 3.15 3.15

THE RANGES ABOVE ARE TABLE RANGES.

THE VALUE ACTUALLY COMPARED WITH MEAN(J)-MEAN(I) IS..

$0.0011 * \text{RANGE} * \text{DSQRT}(1/N(I) + 1/N(J))$

(*) DENOTES PAIRS OF GROUPS SIGNIFICANTLY DIFFERENT AT THE 0.050 LEVEL

G G G G G

r r r r r

p p p p p

Mean	Group	4	3	2	1	5
.0473	Grp 4					
.0476	Grp 3					
.0485	Grp 2					
.0505	Grp 1		**			
.0592	Grp 5				****	

HOMOGENEOUS SUBSETS (SUBSETS OF GROUPS, WHOSE HIGHEST AND LOWEST MEANS DO NOT DIFFER BY MORE THAN THE SHORTEST SIGNIFICANT RANGE FOR A SUBSET OF THAT SIZE)

SUBSET 1

GROUP	Grp 4	Grp 3	Grp 2
MEAN	0.0473	0.0476	0.0485

SUBSET 2

GROUP	Grp 2	Grp 1
MEAN	0.0485	0.0505

SUBSET 3

GROUP	Grp 5
MEAN	0.0592

	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
SOL	15	.0506267	.0047683	.0461	.0619
GRUPO	15	3.0000000	1.4638501	1.0000	5.0000

(Median)

	N	25th Percentile	50th Percentile	75th Percentile
SOL	15	.047900	.048300	.051600
GRUPO	15	2.000000	3.000000	4.000000

----- Kruskal-Wallis 1-Way Anova

Mean Rank	Cases
11.00	3 GRUPO = 1
6.67	3 GRUPO = 2
5.00	3 GRUPO = 3
3.33	3 GRUPO = 4
14.00	3 GRUPO = 5

15 Total

Corrected for ties

Cases	Chi-Square	Significance	Chi-Square	Significance
15	11.6333	.0203	11.6541	.0201

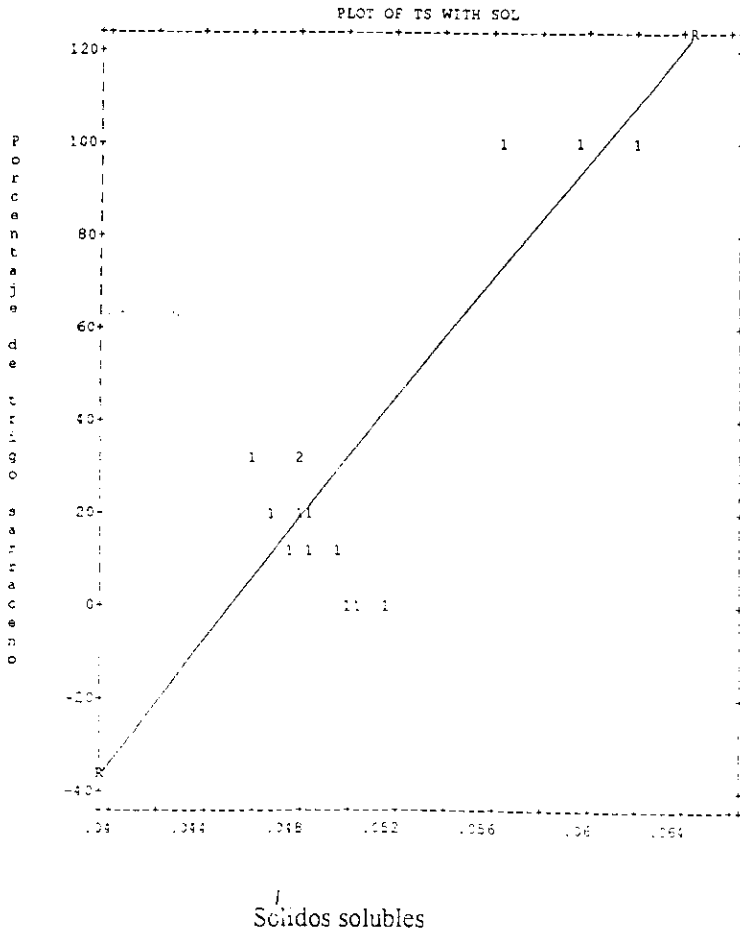
```

SPSS> if grupo=1 ts=0.
SPSS> if grupo=2 ts=10.
SPSS> if grupo=3 ts=20.
SPSS> if grupo=4 ts=30.
SPSS> if grupo=5 ts=100.
SPSS> format ts (f3.0).
SPSS> variable labels ts 'Porcentaje de trigo sarraceno'.
SPSS> plot /format=regression/ plot ts with hum sol abs/stat all.

```

Frequencies and symbols used (not applicable for control or overlay plots)

1 - 1	11 - B	21 - L	31 - V
2 - 2	12 - C	22 - M	32 - W
3 - 3	13 - D	23 - N	33 - X
4 - 4	14 - E	24 - O	34 - Y
5 - 5	15 - F	25 - P	35 - Z
6 - 6	16 - G	26 - Q	36 - *
7 - 7	17 - H	27 - R	
8 - 8	18 - I	28 - S	
9 - 9	19 - J	29 - T	
10 - A	20 - K	30 - U	



15 cases plotted. Regression statistics of TS on SOL:
Correlation .82781 R Squared .68527 S.E. of Est 21.35682 Sig. .0001
Intercept(S.E.) -290.42340(60.85295) Slope(S.E.) 6368.64769(1197.0488)