

46
203



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS REOLOGICAS Y DE
PANIFICACION DE TRIGOS OBTENIDOS A TRAVES DE
CRUZAS INTERESPECIFICAS (*Triticum
aestivum* X *Triticum durum*)

T E S I S
Que para Obtener el Título de
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA
P r e s e n t a
Cecilia María Garmilla Rojón

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1994





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado:



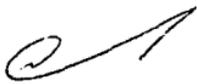
EXÁMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

Presidente: Prof. Zoila Nieto Villalobos.
Vocal: Prof. Adolfo Galnares Campos.
Secretario: Prof. Lucía Cornejo Barrera.
1er. suplente: Prof. Elsa Concepción Muñoz Lozano.
2do. suplente: Prof. María Etelvina de León Garcidueñas.

Sitio donde se desarrolló el tema:

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo,
El Batán, Texcoco, Edo. de México.

Asesor del Tema:


Ing. Adolfo Galnares Campos.

Supervisor Técnico:


Dr. Roberto Javier Peña Baustista.

Sustentante:


Cecilia María Garmilla Rojón.

'Usted perdone', le dijo un pez a otro, 'es usted más viejo y con más experiencia que yo y probablemente podrá usted ayudarme. Dígame: dónde puedo encontrar eso que llaman Océano?. He estado buscándolo por todas parte, sin resultado'.

'El Océano', respondió el viejo pez, 'es donde estás ahora mismo'.

'Esto? pero si no es más que agua... Lo que busco es el Océano', replicó el joven pez, totalmente decepcionado, mientras se marchaba nadando a buscar en otra parte.

Anthony de Mello.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a todo el equipo del Laboratorio de Calidad de Trigo del CIMMYT que me brindó su apoyo en la realización de esta tesis. También agradezco a todas las personas del CIMMYT que me brindaron su amistad, consejos y ayuda durante el período de desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Javier Peña.

Al Ing. Adolfo Galnares.

A Beatriz Rojón.

Al Ing. Rodolfo Suárez y a la Q.F.B. Teresa V. de Suárez.

A Mario y David Botello.

A DIOS.

DEDICATORIAS:

Con cariño, respeto y gratitud a mi padre Rufino Garmilla Collado y a la memoria de mi madre Ma. del Carmen Rojón de Garmilla.

También la dedico a mis hermanos: Luis y Arturo, a mis tíos, a mis amigos y con especial cariño a Horacio Cortina Zepeda.

INDICE

- i. Indice de cuadros.
- ii. Indice de figuras.
- iii. Resumen.

Introducción.

I. REVISION DE LITERATURA.

- A. Clasificación taxonómica del trigo.
- B. Producción de trigo en México y en el Mundo.
- C. Generalidades del trigo.
 - 1) Clasificación.
 - 2) Trigos cristalinos.
 - 3) Trigos harineros.
- D. Algunos aspectos agronómicos, económicos e industriales de trigos cristalinos y trigos harineros en México.
- E. Las proteínas del trigo.
 - 1) Generalidades.
 - 2) Control genético de las proteínas.
 - 3) Funcionalidad.
- F. Propiedades reológicas y potencial panadero.

II. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

- A. Material.
- B. Metodología.

III. ANALISIS DE RESULTADOS.

IV. Conclusiones.

V. Bibliografía

VI. Glosario

VII. Apéndices.

INDICE DE CUADROS.

Cuadro I.	Genealogía evolutiva de las diferentes especies de trigo.	4
Cuadro II.	Producción de trigo a nivel nacional en el ciclo 1990/91.	6
Cuadro IIa.	Evolución histórica de las investigaciones relacionadas con proteínas de trigo.	13
Cuadro III.	Escala de calidad asignada a subunidades o pares de subunidades de gluteninas de alto peso molecular.	16
Cuadro IV.	Genealogía de las líneas hermanas que se estudian.	21
Cuadro V.	Preparación de soluciones y geles empleados en electroforesis.	28
Cuadro VI.	Análisis de varianza, contenido de cenizas.	33
Cuadro VII.	Análisis de varianza, dureza del grano.	35
Cuadro VIII.	Análisis de varianza, contenido de proteína.	36
Cuadro IX.	Análisis de varianza, contenido de gluten.	38
Cuadro X.	Análisis de varianza, contenido de proteína de gluten en harina.	39

Cuadro XI.	Análisis de varianza, volumen de sedimentación.	40
Cuadro XII.	Análisis de varianza, tiempo de mezclado.	42
Cuadro XIII.	Análisis de varianza, ángulo de abertura del mixograma.	43
Cuadro XIV.	Análisis de varianza, tenacidad/ extensibilidad.	46
Cuadro XV.	Análisis de varianza, fuerza de la masa.	47
Cuadro XVI.	Gluteninas de alto peso molecular.	48
Cuadro XVI.	Análisis de varianza, volumen de pan.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Electroforegrama de gluteninas de alto peso molecular.	49
Figura 2.	Panes de trigo derivados de cruzas interespecíficas	52

RESUMEN

En el CIMMYT, desde 1988, se empezaron a evaluar trigos derivados de cruzas interespecíficas entre la variedad Seri como progenitor hexaploide, y los trigos duros Gta'S'/Dur 69, AIX y Chen como progenitores tetraploides.

En el presente trabajo se evaluaron características composicionales, reológicas y electroforéticas de harinas de trigos derivados de las cruzas interespecíficas. La elección de dichas harinas se basó en las diferencias reológicas y panaderas que presentaron las líneas hermanas en estudios anteriores.

Los objetivos del estudio fueron: examinar el efecto, sobre la calidad panadera, de recombinar características genéticas entre especies y examinar si existen entre líneas hermanas diferencias en calidad influenciadas por la composición de algunas de las proteínas del gluten.

INTRODUCCION

Dentro del género *Triticum*, las especies más cultivadas en el mundo son el *Triticum aestivum* (trigo hexaploide o harinero) y el *Triticum durum* (trigo tetraploide o cristalino). Las diferencias composicionales (principalmente de las proteínas del gluten) entre estas dos especies son las que determinan su uso en la elaboración de alimentos : el trigo harinero se utiliza en panificación y repostería, mientras que el trigo cristalino se utiliza principalmente en la elaboración de pastas alimentarias.

En México, la apertura del mercado para las importaciones del trigo por la industria molinera, representa una competencia para el productor nacional. Desde el punto de vista de calidad panadera el trigo importado es preferido, principalmente porque tiene mayor porcentaje de proteína, sobre el nacional.

El incremento en las importaciones de trigo harinero, ha sido influenciado por la reducción en la producción de trigo harinero de calidad panadera deseable en el Noroeste de México. Los productores de trigo de esta región, han incrementado la producción de trigo cristalino ya que, debido a aspectos de rendimiento y resistencia a enfermedades, este último ha mostrado ventajas sobre el primero.

Los programas de mejoramiento realizan investigaciones dirigidas a desarrollar trigos con rendimientos atractivos para el agricultor y con calidad panadera aceptable para la industria. El INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias) y el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) han desarrollado trigos con buena calidad panadera, que no han sido lanzados como variedades comerciales ya que tienen un rendimiento (tonelada/hectárea) menor.

Los programas de mejoramiento genético del CIMMYT realizan cruzamientos entre el trigo panadero y el trigo cristalino (cruzas interespecíficas) con la finalidad de desarrollar trigos

que posean recombinaciones favorables entre estas dos especies con respecto a características agronómicas y a resistencia a enfermedades.

En el presente estudio se evaluaron las características de calidad de trigos hexaploides derivados de cruza interespecíficas entre trigo hexaploide (Seri) y trigo tetraploide (Gta'S'/Dur 69 y AIX). Estas cruza se empezaron a evaluar desde 1988 en el laboratorio de calidad de trigo del CIMMYT, con este trabajo se busca dar seguimiento a la información con los objetivos de:

1) Examinar el efecto, sobre la calidad panadera, de recombinar características genéticas entre especies y 2) Examinar si existen diferencias en calidad influenciadas por la composición de algunas de las proteínas del gluten.

Este trabajo se encuentra dividido en tres secciones, la 1a. parte corresponde a información general sobre el trigo, las proteínas del trigo: generalidades, funcionalidad y control genético de ellas; y las propiedades reológicas y el potencial panadero. La segunda sección comprende la descripción del material, técnicas y métodos empleados. En la última parte se analizan objetiva y estadísticamente 1) Las características de composición: contenido de cenizas, porcentaje de proteína, porcentaje de gluten seco en la harina, porcentaje de proteína en el gluten; 2) Las características reológicas incluyendo propiedades viscoelásticas y características de mezclado de la masa. La evaluación de las características de mezclado a través del farinógrafo de Brabender y del mixógrafo National permiten plantear un tercer objetivo: **evidenciar las ventajas y desventajas prácticas de emplear uno u otro aparato en un programa de mejoramiento genético de trigo.** 3) Las características físicas: dureza del grano; 4) La presencia de gluteninas de alto peso molecular; y 5) La calidad panadera de cada una de las líneas estudiadas.

I REVISION DE LA LITERATURA.

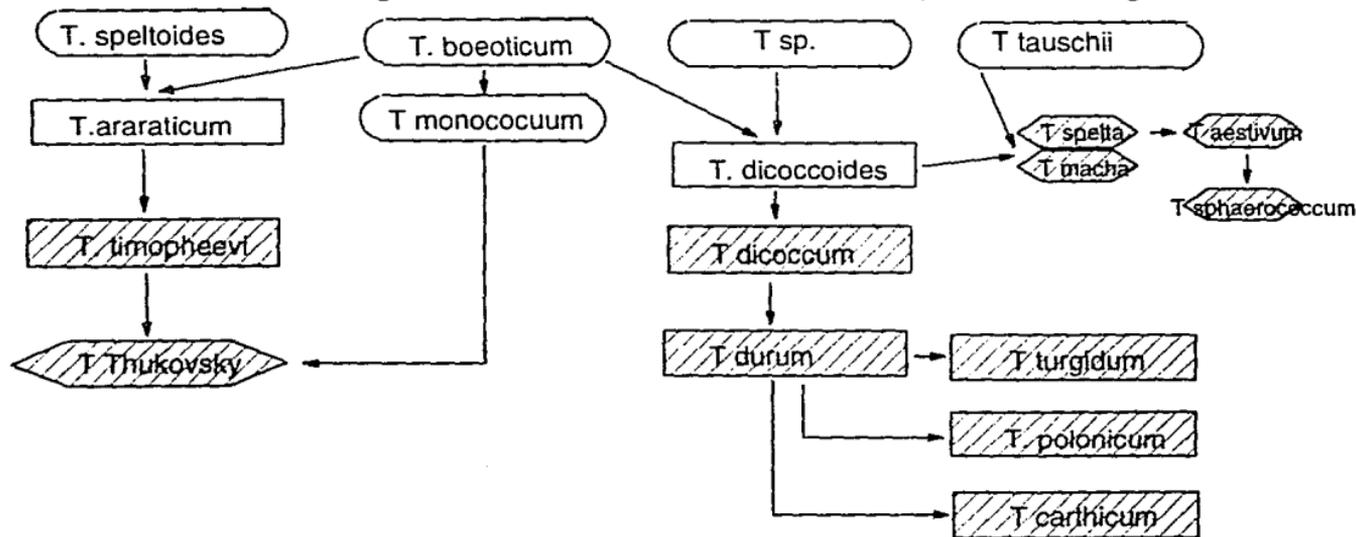
A. CLASIFICACION TAXONOMICA DEL TRIGO.

El trigo es un cereal, monocotiledón perteneciente a la familia de las gramíneas (Briggle, 1980; Kent, 1983). Las diferentes especies de trigo que se conocen actualmente son el resultado de la hibridación natural entre varios cereales silvestres, originarios de las regiones áridas de Asia Menor, que ocurrieron desde hace aproximadamente 8000 años (Shellenberger, 1978; Alonso, 1981).

Según la clasificación de Sakamura (Briggles, 1980), el trigo recibe el nombre genérico de *Triticum* en vista que reconoció tres diferentes tipos de trigos diferenciados por su ploidía: diploides ($2n=2x=14$ cromosomas), tetraploides ($2n=4x=28$ cromosomas) y hexaploides ($2n=6x=42$ cromosomas) (Rahman, 1987).

El cuadro I muestra una propuesta sobre la genealogía evolutiva de las diferentes especies de trigos.

Cuadro 1. Genealogía evolutiva de las diferentes especies de trigo



Fuente: Documento Ciba Geigy 1980 Briggle.

Las especies más cultivadas, y por ende más importantes, de las mostradas en el cuadro I son *Triticum aestivum* y *Triticum durum*.

B. PRODUCCION EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

El trigo fue introducido en México por los españoles a raíz de la conquista. A través de los años las variedades criollas se han ido sustituyendo por nuevas variedades de trigos harineros y trigos cristalinos con mejores características agronómicas y mucho mayor productividad que las criollas (Hanson, 1982).

La producción mundial de trigo en 1990 fue de 595,652 millones de toneladas, encontrándose como mayores productores la ex Unión Soviética, China y los Estados Unidos de América (SARH, 1991).

La producción de trigo en México para el mismo año fue de 3,931 millones de toneladas, volumen que representa el 0.66% del total producido mundialmente (SARH, 1991). Las zonas trigueras de mayor importancia en México son el Noroeste (Sonora, Sinaloa, B.C.N. y B.C.S) que corresponde a la región de mayor producción, la zona del Bajío (Guanajuato, Michoacán, Querétaro y Jalisco) y la región del Norte (Chihuahua y Coahuila) (Salazar, 1992). El cuadro II presenta la producción de trigo pyor producción durante el ciclo 1990/1991.

Cuadro II.
Producción de trigo a nivel nacional en el Ciclo 1990/91.

Estado	Producción (ton)
Sonora	1,447,772
Guanajuato	774,021
Sinaloa	620,142
B.C.N.	327,798
Michoacán	266,032
Chihuahua	233,325
B.C.S.	68,591
Jalisco	18,668
TOTAL	3,756,349

Fuente: Dirección General de Política Agrícola. SARH.

C. GENERALIDADES DE TRIGOS.

1) Clasificación.

Los trigos se pueden clasificar de acuerdo a su ploidía (como se mencionó anteriormente); a las características físicas del grano: vítreo, duro, suave (la dureza está en función de la manera en que se distribuyen el almidón y la proteína en el endospermo); al color del grano (rojo, blanco, ambar); a la época del año en que se cultiva (primavera, invierno); y de acuerdo a sus características de calidad panadera (harineros: fuertes, medio fuertes, suaves; cristalinos). Debido a la importancia que tiene para este trabajo la clasificación de acuerdo a su uso industrial, mencionaremos que los trigos se dividen en trigos harineros y trigos cristalinos.

2) Trigos Cristalinos.

El Triticum durum comunmente conocido como "trigo cristalino" o "durum" (Briggles, 1980), es una especie que presenta granos vítreos, un alto contenido de proteína (aproximadamente 10 a 16.5%) (Kent, 1983) de baja calidad panadera así como de un alto contenido de pigmento carotenoide. En la industria estos trigos se emplean principalmente para la producción de pastas alimentarias y los excedentes para la alimentación animal (Irvine, 1978). Las masas producidas con la harina y/o sémola de estos trigos presentan características de tenacidad inadecuada para la producción de pan leudado (Dexter y Matsuo, 1978).

3) TRIGOS HARINEROS.

Los trigos harineros pertenecen a la especie *T. aestivum*, con estos trigos se producen masas con elasticidad y extensibilidad variables que permiten emplearlos para la producción de diferentes tipos de panes, pasteles, galletas y otros productos homeados. Debido a la importancia que representa la producción de pan, se prefieren variedades de trigo que produzcan harinas con propiedades viscoelásticas que permitan la formación de pan con buena estructura de miga y buen volumen de pan (Branlard y Dardevet, 1985).

D. ALGUNOS ASPECTOS AGRONOMICOS, ECONOMICOS E INDUSTRIALES DE TRIGOS CRISTALINOS Y TRIGOS HARINEROS EN MEXICO.

El cultivo del trigo cristalino se ha incrementado principalmente en la zona noroeste (NO). En el estado de Sonora, durante el ciclo 1985/1986 se sembraron alrededor de 56 000 Ha. con variedades de este trigo, en detrimento de la superficie dedicada tradicionalmente a trigo harinero (Nieto-Taladriz et al., 1985). Este incremento resultó del alto potencial de rendimiento y la buena resistencia a la roya de la hoja (*Puccinia recondita*), y al carbón parcial (*Neovassia indica*), que presentan los trigos cristalinos en comparación a los trigos harineros (Nieto-Taladriz et al., 1985).

En cuanto el factor económico, la ventaja de producir trigo cristalino con respecto al trigo harinero se incrementaba considerablemente en el NO, zona de mayor producción de trigo en México, si se considera que la Norma Oficial Mexicana (NOM-FF_36-1984) hasta antes de 1991, establecía el mismo precio de comercialización para todas las variedades, basándose únicamente en las características de sanidad y físicas del grano que permiten asegurar buenos niveles de extracción de harina, sin importar la calidad y cantidad de proteína. Sin embargo, el Programa Nacional de Producción de Trigo (SARH, 1991), pretende buscar el establecimiento de precio diferencial entre los diferentes grupos de calidad, basándose en la

calidad y cantidad de proteína, lo cual ha generado la búsqueda de nuevas variedades de trigo harinero con mayor resistencia a enfermedades, buen potencial de rendimiento y sobre todo de mayor calidad industrial panadera (Peña, 1992).

E. LAS PROTEINAS.

Las proteínas son macromoléculas que presentan una estructura primaria constituida por enlaces peptídicos, los radicales de los aminoácidos presentes influyen en sus características y propiedades funcionales. La estructura secundaria le imparte estabilidad a través de enlaces dipolo-dipolo, hidrofóbicos y puentes de hidrógeno. La estructura terciaria, constituida básicamente por enlaces disulfuro intramoleculares, permite plegamientos en la molécula que junto con la estructura cuaternaria, formada por enlaces disulfuro intermoleculares, confieren ciertas propiedades particulares al trigo (Badui, 1981).

1) GENERALIDADES DE LAS PROTEINAS DEL TRIGO

Las variedades de trigos presentan diferencias en el contenido de proteína, así como en su calidad. El porcentaje de proteína (y su calidad) de una variedad de trigo dependen tanto de las características genotípicas como de factores extrínsecos, las condiciones ambientales y las prácticas agronómicas utilizadas (Peña, 1989).

El contenido de proteína en el grano de trigo varía desde un 6.0 hasta un 20.0% (Halverson, 1988).

El trigo presenta un bajo valor nutricional debido a que los aminoácidos indispensables como son la lisina, el triptofano y la metionina se encuentran en baja proporción (citado por Wrigley, 1988). Según Kasarda, las harinas contienen menor porcentaje de lisina, arginina, aspartato, glicina y alanina pero más glutamina y prolina, que los granos enteros de los que estos se derivan. Jensen y Martens (1983) concluyeron que dichas diferencias se deben a las diferentes distribuciones de las proteínas en las partes del grano (Wrigley, 1988).

La principal proteína por la que está constituido el trigo es el complejo proteínico que se conoce comúnmente como gluten, éste constituye aproximadamente el 85% del total de proteína presente en el endospermo. Se encuentra interactuando con otros componentes de la harina formando complejos gluten-almidón-lípidos-pentosanas- otras proteínas diferentes del gluten (citado por Kasarda, 1978). El gluten "crudo" se puede disgregar por una amplia variedad de soluciones diluidas de ácidos y bases, con o sin alcohol, y soluciones concentradas de urea, sales de guanidina, salicilato de sodio y detergentes. Algunos investigadores han empleado el dodecil sulfato de sodio (SDS) como agente tensoactivo junto con el 2-mercaptoetanol para obtener la extracción del gluten (Wrigley, 1988).

Según Bushuk y Wrigley (1974), el gluten se caracteriza por contener un alto porcentaje de glutamina (33%) y de prolina (15%); posee una gran cantidad de aminoácidos no polares que contribuyen con el carácter apolar; de sus aminoácidos polares, solo unos cuantos grupos carboxilo del ácido aspártico y ácido glutámico se pueden ionizar; además, presenta un bajo contenido de aminoácidos básicos (lisina, arginina e histidina). Como consecuencia de su constitución, el gluten presenta un bajo carácter iónico. Este bajo carácter iónico junto con el alto potencial de los puentes de hidrógeno y de los enlaces apolares conllevan a que el gluten tenga una alta tendencia a agregarse. El gluten es insoluble cerca de su punto isoeléctrico (pH 6 a 9). A pH's inferiores es moderadamente soluble o disgregable al igual que a pH's superiores. El disgregar gluten a pH básico presenta la "desventaja" que algunos enlaces disulfuro estructurales se pueden "romper" (Wrigley 1968a, 1968b). Al emplear un disolvente con elevada fuerza iónica, las fuerzas repulsivas entre moléculas se ven disminuidas y por lo tanto también su tendencia a precipitar (Wrigley, 1988).

El gluten es un complejo de gluteninas y gliadinas, que presenta alta tendencia a agregarse por presentar gran cantidad de enlaces de hidrógeno, aminoácidos apolares y bajo carácter iónico (Kasarda, 1978).

La clasificación clásica de las proteínas se realizó en base a sus propiedades de solubilidad cuando éstas son expuestas a varios disolventes de extracción. Esta clasificación se considera inadecuada actualmente y según Field et al. (1986), se debe reclasificar de acuerdo a su genética molecular; Shewry et al. (1986), consideran que se deben denominar prolaminas a todas las proteínas y distinguirlas en función del contenido de sulfuro y del tamaño de la cadena polipeptídica.

Clasificación

Según Shewry (1986)

Clásica

Prolaminas:

Pobres en sulfuro

omega-gliadina

Ricas en sulfuro

alfa-gliadina

gamma-gliadina

Gluteninas de Bajo Peso

Molecular (BPM)

Alto peso molecular

Subunidades de gluteninas de

Alto Peso Molecular (APM)

La clasificación clásica aunque no responde a las necesidades de fraccionamiento de las proteínas es ampliamente empleada. La nomenclatura ideal corresponderá a aquella que relacione con un método práctico de preparación de fracciones que diferencien sus propiedades funcionales, su genética, el sitio de síntesis o almacén en la célula. Las bases de estas distinciones están en la extracción que realizó Osborne y Voorhees (1893), Osborne y Horns (1906), Osborne (1924 y 1927). Dichas extracciones se han visto modificadas por investigadores como Bell y Simmonds (1962), Mosse y Baudet (1963), y Bushuk (1985). Byres et al. (1983), estudiaron el efecto de variaciones en la temperatura, composición del solvente, tamaño de partícula de la harina, relación de muestra / solvente, número de

extracciones, la intensidad de mezclado. Algunos investigadores han adicionado la técnica de electroforesis para obtener mayor información de las proteínas (Wrigley, 1988).

Las gluteninas y las gliadinas se han distinguido por sus propiedades físicas (viscoelasticidad). La gliadina es cohesiva con baja elasticidad y las gluteninas son elásticas.

Las gliadinas son proteínas monoméricas clasificadas ordinariamente dentro de las prolaminas, solubles en soluciones de alcohol diluido. Las gliadinas están compuestas por proteínas de peso molecular relativamente bajo en comparación con el peso molecular de las fracciones de glutenina. La gliadina tiene un mayor porcentaje de prolina, ácido glutámico, glutamina, cisteína, isoleucina, y fenilalanina; mientras que la glutenina presenta mayor contenido de glicina, lisina y triptofano (Wrigley, 1988). Jones y colaboradores (1959) emplearon buffer de lactato de aluminio y gel de almidón y de poliacrilamida en la técnica de electroforesis para separar las fracciones de gliadina, técnica con la que se encontró que la gliadina está constituida por 5 diferentes componentes. El buffer y el gel empleados no permitieron separar la glutenina debido a que es una proteína demasiado grande que no puede penetrar a la matriz del gel (Wrigley, 1988). Woychik y colaboradores (1961), clasificaron a las gliadinas en alfa, beta, gamma y omega-gliadinas al realizar la separación en gel de almidón. Mediante esta clasificación se distinguen a los componentes pobres en sulfuro (omega-gliadina). Lee (1903), Bushuk y Zillman (1978), duCros y Wrigley (1979), Lafandra y Kasarda (1985) emplearon gel de poliacrilamida y un pH de separación de 3.1 para identificar las fracciones de gliadina (Wrigley, 1988).

Los pesos moleculares de las gliadinas separadas electroforéticamente en presencia de dodecil sulfato de sodio como agente dispersante (SDS-PAGE) cubren un rango entre 30,000 y 74,000 dalton: de las omega-gliadina van de 44,000 a 74,000, las de alfa-gliadina son de 32,000, y las gamma-gliadina de 38 000 a 42,000 (Wrigley, 1988).

Las gluteninas son proteínas del grupo de las glutelinas, insolubles en alcohol, solubles en ácidos y álcalis diluidos (Kasarda, 1978; Badui, 1981). Laemmli (1970), Bietz y Wall

(1972), estudiaron las fracciones de gluteninas empleando dodecil-sulfato de sodio (SDS) como agente dispersante. El peso molecular aparente en SDS-PAGE para las gluteninas de alto peso molecular va de 95,000 a 136,000 y las de bajo peso molecular de 36,000 a 44,000. (Wrigley, 1988).

Cuadro IIa.

Evolución histórica de las investigaciones relacionadas con proteínas de trigo.

Año	Investigador(es)	Estudio
1893	Osborne y Voorhees	Extracciones proteicas.
1903	Lee	Separaciones de fracciones de gliadina.
1906	Osborne y Horns	Extracciones proteicas.
1924	Osborne	Extracciones proteicas
1926	Bell y Simonds	Extracciones proteicas
1951	Pence	Efecto de las albúminas en la panificación.
1953	Pence y Elder	Reclasificación de globulinas.
1959	Jones	Variabilidad del gluten.
1961	Woychik	Reclasificación de gliadinas.
1963	Mossct y Baudet	Extracciones proteicas.
1970	Lacimli	Separación de fracciones de glutenina
1972	Bietz y Wall	Separación de fracciones de glutenina. Electroforesis de albúminas y globulinas.
1974	Bushuk y Wrigley	Composición del gluten.
1974	Fullington	Influencia de las albúminas en la panificación.
1976	Feillet	Influencia de las albúminas en la panificación.

Continuación cuadro IIa.

1978	Bushuk y Zillman	Separación de fracciones de gliadina.
1979	duCros y Wrigley	Separación de fracciones de gliadina.
1981	Payne	Influencia de las gluteninas APM en la calidad.
1981	Merais y D'Appolonia	Influencia del material soluble en el mezclado.
1983	Jensen y Martens	Distribución de las proteínas en las diferentes partes del grano.
1983	Byres	Extracciones proteicas.
1983	Payne y Lawrance	Nomenclatura de gluteninas.
1983	Schofield y Bouth	Influencia de las albúminas en la panificación.
1984	Huebner y Wall; Lásztity	Influencia de las albúminas en la panificación.
1985	Bushuk	Extracciones proteicas.
1985	Lafiandra y Kasarda	Separación de fracciones de gliadina.
1985	Branlardy Dardevet; Moonen; Zeven	Influencia de las gluteninas APM en la calidad
1986	Field y Shewry	Reclasificación proteica.

La nomenclatura de las gluteninas establecida por Payne y Lawrance (1983), se basa en su control genético; en los cromosomas 1A, 1B y 1D están localizados los genes que determinan la síntesis de los polipéptidos de gluteninas de alto peso molecular. Algunos investigadores como Payne et al. (1981), Branlard y Dardevet (1985), Moonen y Zeven (1985) han demostrado que existe un efecto diferencial en la calidad asociada con variaciones en la composición de gluteninas de alto peso molecular. Jones y colaboradores (1959), concluyeron que el número y el porcentaje de fracciones del gluten difiere no solo entre especies, sino también entre glútenes de variedades de la misma especie (Wrigley, 1988).

Las proteínas solubles, también llamadas proteínas citoplasmáticas ó proteínas no pertenecientes al complejo gluten consisten principalmente en albúminas y globulinas, fueron

definidas por Osborne como protefnas solubles en agua y solución salina al 10%, respectivamente. Durante la electroforesis migran a la cabeza de las gliadinas a pH 3.1 y en SDS-PAGE son los componentes de mayor movilidad (Fullington, citado por Wrigley, 1988). Estas protefnas se encuentran distribufdas principalmente en el embrión, en las capas de la aleurona y en el endospermo.

Pence y colaboradores (1951), examinaron el efecto de las albúminas en las propiedades de panificación y concluyeron que las pentosanas asociadas con cierta fracción de albúmina, al agregarla a una masa reconstitufda de gluten-almidón producen un efecto positivo en el volumen del pan y acortan el tiempo de mezclado de masa. También realizaron estudios con los que concluyeron que la relación existente entre albúmina y globulina influye en el desarrollo del pan. Marais y D'Appolonia (1981), encontraron que el material soluble y las albúminas afectan las caracterfsticas de mezclado de masa en el mixógrafo de manera directa. Algunos investigadores (Schofield y Bouth (1983), Huebner y Wall (1984), Fullington (1974), Feillet (1976), Lásztity (1984)) al estudiar las albúminas coinciden de manera general que estas influyen en la calidad panadera (citados por Wrigley 1988).

Bietz y Wall (1972) caracterizaron las protefnas del trigo con SDS-PAGE y encontraron que las albúminas y globulinas son protefnas heterogéneas con pesos moleculares menores de 40,000. Pence y Elder (1953) encontraron 3 tipos de globulinas, las cuales presentan bajo contenido de triptófano y amidas y elevado porcentaje de arginina (ver cuadro IIa.).

2) CONTROL GENETICO DE LAS PROTEINAS.

Los trigos que pertenecen a la especie *T. aestivum* son hexaploides y presentan una constitución genotípica AABBDD (citado por Kasarda, 1987) y los de la especie *T. durum* son trigos tetraploides con genotipo AABB.

Los trigos harineros con caracterfsticas adecuadas para la panificación son el resultado, en mayor grado, del genotipo que presentan. Contienen subunidades de gluteninas de alto peso

molecular codificados por genes que se encuentran en nueve locuses complejos: Glu-A1, Glu-B1 y Glu-D1, ubicados cerca del centrómero de los brazos largos del cromosoma 1A, 1B y 1D (Payne et al., 1984) respectivamente. En los brazos cortos de los mismos cromosomas, pero distantes del centrómero están Gli-A1, Gli-B1 y Gli-D1 portando genes que codifican para omega-gliadina, gamma-gliadina y subunidades de gluteninas de bajo peso molecular. Payne y colaboradores (1984), encontraron la siguiente relación de importancia relativa sobre la panificación entre locuses: Glu-1 > Gli-1 > Gli-2 y propusieron un sistema de cálculo para estimar la contribución de cada grupo de subunidades de alto peso molecular presentes empleando una escala que refleja su efecto sobre el volumen de sedimentación en poblaciones segregantes (cuadro III). La ausencia de gluteninas de alto peso molecular relacionadas con el genotipo D, inciden en una pobre calidad panadera de los trigos cristalinos.

Cuadro III.

Escala de calidad asignada a subunidades de gluteninas de alto peso molecular.

Escala	Cromosoma		
	1A	1B	1D
4	-	-	5+10
3	1; 2*	17+18; 7+8	-
2	-	7+9	2+12; 3+12
1	nulo	7; 6+8	4+12

Fuente: Payne y Lawrence, 1983.

Las cruces interespecíficas entre trigos cristalinos y trigos harineros (panaderos) tienen el objetivo de recombinar los cromosomas del genoma A y B del progenitor hexaploide con los del progenitor tetraploide. Con esto se espera obtener nuevas variedades de trigos harineros con mejor potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades y buena calidad de panificación (Peña, 1992 *).

3) FUNCIONALIDAD

Las características reológicas de las masas dependen principalmente de la interacción de las gluteninas de alto peso molecular y de las gliadinas (Branlard, et al., 1985). Las propiedades funcionales de cada uno de estos 2 grupos de proteínas son muy diferentes, las gluteninas imparten la elasticidad a la masa (Kasarda, 1978). Las subunidades de gluteninas que imparten excesiva elasticidad a las masas, según Branlard et al. (1985), están constituidas por una gran cantidad de residuos de cisteína y de grupos hidrofóbicos que proporcionan más puentes intermoleculares. Por otro lado, las gliadinas son viscosas e imparten extensibilidad (Feillet, 1980).

Al mezclar harina y agua, para formar una masa, las gluteninas de alto peso molecular, responsables directas de los requerimientos de mezclado, presentan deslizamientos e interacciones entre sí que conllevan a que estas estructuras se orienten en la misma dirección, el tiempo requerido para alcanzar esta organización se relaciona con el "tiempo de desarrollo de la masa", después de este punto la masa comienza a "romperse" (Mac Ritchie, 1980). Por otra parte, las gliadinas son responsables en gran parte del volumen de pan que se alcanza (Branlard y Dardevet, 1985). Aunque gluteninas de alto peso molecular y gliadinas son responsables directos de los requerimientos de mezclado y del volumen del pan respectivamente, existe una relación entre todos los constituyentes para obtener una masa

* Peña, Noviembre de 1992. Plática con el Dr. R. J. Peña en el laboratorio de Calidad de Trigo del CIMMYT.

con buenas características de manejo, que finalmente resulten en un pan de buena calidad (Josephides et al., 1987).

F. PROPIEDADES REOLOGICAS Y POTENCIAL PANADERO.

La dureza del grano de trigo es una característica de calidad que influye directamente en el comportamiento del grano durante la molienda, así como al uso final que se le dará a la harina. Hay varios métodos para la medición de la dureza del grano los cuales se basan en propiedades relacionadas tales como tamaño de partícula de harina, resistencia al perlado de grano, tiempo de molienda y propiedades de reflectancia espectrofotométrica en la región del infrarrojo cercano.

El conocimiento de las propiedades reológicas de una masa de trigo es importante para determinar la aplicación y/o manejo que se le da a la harina. La evaluación de la masa se hace en base a la extensibilidad, resistencia al extendido, tolerancia al mezclado, capacidad para "englobar burbujas de aire", la uniformidad de las capas de la masa; así como las características de la matriz de proteína que engloba los gránulos de almidón y los fragmentos de fibra.

Algunos de los análisis y pruebas que se realizan a la harina para evaluar su calidad corresponden al análisis de proteína total, el contenido de gluten, la prueba de sedimentación (con la que se evalúa de manera rápida la calidad de proteína), y la electroforesis de proteínas.

Debido a la relación tan estrecha que existe entre las propiedades reológicas de la masa de trigo con la calidad de los productos horneados se han desarrollado numerosos instrumentos que tienen la finalidad de cuantificar las propiedades reológicas de ella.

Los instrumentos que más comúnmente se emplean para medir los requerimientos de mezclado de las masas son el farinógrafo de Brabender y el mixógrafo de Swanson. Al

proporcionar el mezclado óptimo, el cual se mide como tiempo de mezclado, se le permite a la masa el desarrollo de ella. Entre otras características, estos instrumentos permiten conocer estabilidad y tolerancia de las masas al mezclado.

Existe una gran variedad de instrumentos que se pueden emplear para evaluar las propiedades viscoelásticas de la masa, los más empleados son el Alveógrafo de Chopin y el Extensógrafo de Brabender, aunque el primero es utilizado preferentemente por su facilidad de operación y el menor tiempo requerido para realizar la prueba.

La calidad panadera de una harina es difícil de definir ya que las características deseables de una harina dependen del tipo de pan que se quiere elaborar, es por esto que la calidad panadera se evalúa para un determinado proceso de panificación, y se determina si una harina es apropiada para elaborar ese tipo específico de pan. Sin embargo, existen pruebas de panificación de laboratorio que permiten conocer el potencial de panificación de una harina bajo diferentes condiciones de panificación comercial.

II DESARROLLO EXPERIMENTAL.

II DESARROLLO EXPERIMENTAL

A. MATERIAL

El material evaluado consistió en harinas de trigos derivados de cruza interespecíficas entre trigos harineros (*T. aestivum*) y trigos cristalinos (*T. durum*) efectuado en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las líneas empleadas se escogieron en base a las diferencias panaderas y reológicas que presentaron las líneas hermanas en evaluaciones preliminares realizadas en el Laboratorio de Calidad Industrial de Trigo del CIMMYT.

Estos materiales se cultivaron por triplicado como parte de los experimentos de CIMMYT en la estación del Centro de Investigación Agrícolas del Noroeste (CIANO) en Ciudad Obregón, Sonora durante el ciclo 90/91.

La genealogía de los dos grupos de líneas hermanas que se evaluaron se presentan en el cuadro IV.

Cuadro IV

Genealogía de las líneas hermanas que se estudian.

Primer grupo de líneas hermanas (1):

1) Seri*2//Gta "S"/Dur 69

CM-97040-A-2B-14Y-0B-15Y-0B

2) Seri*2//Gta "S"/ Dur 69

CM-97040-A-3B-3Y-0B-2Y-0B

3) Seri*2//Gta "S"/Dur 69

CM-97040-A-3B-3Y-0B-10Y-0B

Segundo grupo de líneas hermanas:

1) Seri*2//AIX

CM-97039-A-3B-11Y-0B-10Y-0B

2) Seri*2//AIX

CM-97039-A-3B--12Y-0B-4Y-0B

(1) Seri es el progenitor de trigo harinero,

Gta'S'/Dur 69 y AIX son progenitores de trigo cristalino.

B. METODOLOGIA

El trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Calidad Industrial de Trigo del CIMMYT.

El material empleado consistió en harinas obtenidas con anterioridad a través de la molienda de los granos con un molino de rodillos tipo Brabender. El grano del trigo harinero, variedad Seri empleado en este estudio, se molió en un molino neumático experimental Bühler. La harina obtenida se tamizó a través de una malla 10XX, para obtener finalmente una harina refinada de tipo comercial.

Las determinaciones que se realizaron fueron:

1. Determinación de Humedad de la Harina.

Esta determinación es importante ya que en base al contenido de humedad de la harina se realizan las correcciones de los análisis químicos y de las pruebas reológicas.

Para realizar este análisis se procedió con la siguiente técnica: Pesar aproximadamente de 3 a 5 g de muestra homogénea en el plato previamente puesto a peso constante y tarado. Colocar el plato y la tapa en el horno durante 2 hs a 135°C; terminado este período tapar el plato y transferirlo al desecador. Una vez frío pesarlo y determinar el porcentaje de humedad y material volátil (Método AACC 44-19, AACC, 1985).

2. Determinación de Contenido de cenizas.

Es un indicador del grado de refinación de la harina. La técnica que se siguió fue la siguiente: Se pesan de 2 a 3 g de la harina homogénea en el crisol previamente tarado. Se coloca en la mufla y se va incrementando la temperatura de manera gradual cada 30 min., de tal forma que la muestra se incinere completamente al llegar a los 575 °C. El tiempo que toma incrementar la temperatura es de aproximadamente 1 hora. Se mantiene esta

temperatura 16 hs con el objetivo de calcinar la muestra. Después de este tiempo se apaga la mufla, se deja enfriar 1 hora. Se pasan los crisoles al desecador y cuando se tiene temperatura ambiente se pesa el crisol con cenizas.(Método AACC 08-01, AACC, 1985).

3. Lavado del gluten.

La determinación de gluten de una muestra de harina se realiza en el aparato Glutomatic 2100 (Falling Number, Suecia), el procedimiento consiste en colocar 10 g de harina, en base de un 14% de humedad, en el vaso mezclador que tiene una malla de nylon 15XX (91 micras de abertura) ligeramente húmeda para evitar la pérdida de harina. Se inyectan 5.2 ml de solución salina (NaCl) al 2% y se mezcla durante 1 min, inmediatamente después se inicia el lavado automático que dura 5 min, durante este proceso la solución salina se dosifica a una velocidad de 2 a 3 gotas por segundo. Eliminar el gluten obtenido del vaso y realizar un lavado final del gluten, manualmente, al chorro de agua con el objeto de eliminar el almidón y proteínas solubles que puedan estar atrapadas en la red de gluten. El lavado se da por terminado cuando el agua del lavado es "clara". Proceder con la centrifugación del gluten para eliminar el excedente de agua, con una centrífuga 2100 (Falling Number, Suecia) a 6000 rpm. Colocar el gluten en la plancha Glutork 2020 (Falling Number, Suecia) durante un período de 6 min. Se reporta el contenido de gluten seco en base a una harina de 14% de humedad.

Debido a que no es posible eliminar el total de partículas de almidón y material soluble de la masa del gluten, es necesario realizar el análisis de proteína (Kjeldahl), para determinar la proporción proteínica presente.

4. Cuantificación de proteína por el método de Kjeldahl.

La determinación de la proteína de la harina y del gluten seco se realizó determinando proteína cruda por el método Kjeldahl siguiendo el método 46-11 del manual de la AACC (AACC, 1985). El factor empleado para convertir el nitrógeno cuantificado a proteína fue 5.7.

5. Prueba de sedimentación (SDS).

La prueba de sedimentación con dodecil sulfato de sodio (SDS), es ampliamente utilizada para estimar la calidad funcional del gluten conocida como "fuerza de gluten", de las harinas de trigo. El equipo que se requiere para su realización consiste en: agitador vibratorio tipo Vortex y agitador con movimiento oscilatorio de eje horizontal que oscile con una frecuencia de 85 oscilaciones por minuto. Los reactivos necesarios para la prueba son: Solución de ácido láctico al 85% y solución acuosa de SDS al 2%, estas soluciones se mezclan en una proporción 1.7:48. La función de esta mezcla es actuar como agente dispersante de proteína. Solución acuosa de azul de bromofenol en concentración de 4 mg/l. La técnica utilizada, descrita por Peña et al. (1989), es la siguiente: se pesa 1 g de harina y se coloca en las probetas de sedimentación. En el minuto 1 del tiempo total de prueba, se despega la harina de las paredes de la probeta haciendo un movimiento rotatorio, se le agregan 6 ml de colorante y se agita en el Vortex hasta obtener una suspensión homogénea. Se deja reposar dos minutos. En el minuto 2 se vuelve a agitar por 5 seg con ayuda del Vortex. En el minuto 4 se agita nuevamente y se le adicionan 19 ml del reactivo de sedimentación, se coloca en el agitador horizontal durante un minuto, se pone en reposo por 14 minutos y se toma la lectura del volumen que corresponde al sedimento (el cual consiste en partículas de gluten hidratadas e hinchadas con almidón ocluido), con una aproximación de 0.5 ml. El desarrollo de esta prueba se debe realizar a temperatura de 21 a 25°C para evitar variación. Valores de sedimentación para harinas de trigos harineros superiores a 17 nos refieren a

harinas de gluten fuerte, e inferiores a 13 corresponden a trigos que poseen gluten débil; los valores intermedios corresponden a harinas con gluten de fuerza intermedia. Por otro lado, los valores de sedimentación para harinas de trigos cristalinos o duros presentan la escala siguiente en cuanto a fuerza de gluten: ≥ 13.0 , trigos fuertes; 9.0 - 13.0, trigos intermedios; y ≤ 8.5 , trigos débiles.

6. Tiempo de mezclado en el mixógrafo.

Los mixogramas se realizaron con el mixógrafo de Swanson (Ntl. Mfg. Co. Chicago), conforme a la técnica indicada por el método AACC 54-40 (AACC, 1985). La información evaluada de los mixogramas fue el tiempo de desarrollo de la masa y el ángulo formado entre la porción ascendente y descendente, lo cual está asociado con la estabilidad de la masa durante el mezclado (ver apéndice IV).

7. Tiempo de mezclado en Farinógrafo.

Con el farinógrafo (C.W. Brabender Co., NJ), se obtuvieron los farinogramas siguiendo el método AACC 54-21 (AACC, 1985), utilizando 50 g de harina (base del 14% de humedad). Para fines de este trabajo se analizó el porcentaje de absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa, el índice de tolerancia después de 3 y 4 minutos de alcanzar el punto máximo, el tiempo de estabilidad y el tiempo de mezclado (ver apéndice V).

8. Propiedades viscoelásticas en el alveógrafo.

Mediante el alveógrafo de Chopin (Chopin Tripette et Reynaud, París) se obtuvieron los alveogramas siguiendo el método AACC 54-30 (AACC, 1985), empleando 60 g de harina con un 50% de absorción de solución salina (NaCl) al 2.5%.

Los datos evaluados fueron la relación (P/G) tenacidad/grado de hinchamiento ó

extensibilidad y la fuerza de la masa (W). En las harinas de trigos una relación de P/G mayor a 6.0 corresponde a trigos tenaces, difíciles de extender, mientras que valores menores a 6.0 corresponde a trigos entre balanceados y extensibles. Con respecto al parámetro W, valores mayores de 300×10^{-4} J corresponden a masas fuertes, entre 200 y 300×10^{-4} a masas medio fuerte y menores de 200 a masas débiles (ver apéndice VI).

9. Panificación.

La definición de la calidad panadera de una harina depende del tipo de pan que se quiera elaborar (Peña, comunicación personal). Sin embargo, los métodos de panificación oficiales nos permiten evaluar las harinas en cuanto a su potencial de producir panes de alto volumen y características de estructura de miga, relacionados con las propiedades viscoelásticas de las mismas. En este estudio se utilizó el método de panificación de masa directa AACC 10-10 (AACC, 1985) utilizando la fórmula siguiente:

Harina (en base a 14 % de humedad)	100g
Grasa vegetal (hidrogenada)	3g
Leche entera en polvo	3g
Suspensión de levadura comercial al 12%	25ml
Solución de NaCl al 4 % y azúcar al 20 %	25ml

La absorción de agua utilizada se basa en el contenido de proteína de la harina (se recomienda una absorción de 60% para un contenido de proteína de 10%) y se modifica de acuerdo a la consistencia y desarrollo que presenta la masa en el momento del mezclado.

El tiempo de mezclado originalmente se obtiene del tiempo óptimo de mezclado registrado en el mixograma, el cual se modifica según la textura y consistencia de la masa, la cual debe ser cohesiva, elástica, ligeramente extensible y tersa en su superficie.

10. Dureza del grano.

La dureza del grano se relaciona directamente con el comportamiento del grano durante la molienda; y el conocimiento de la dureza del grano permite efectuar un acondicionamiento apropiado de humedad del mismo previo a la molienda. Además, la dureza del grano influencia de manera importante el grado de daño de almidón que ocurre durante la molienda. El daño de almidón, a su vez, influencia la absorción de agua e intensidad de fermentación de masas durante la panificación.

La prueba física de dureza del grano se realizó con un microdurómetro de Brabender, aparato que determina el tiempo (en segundos), requerido para moler 4 g de grano.

El tiempo de molienda se relaciona con la dureza del grano, partículas de harina de grano duro fluyen más rápido que las de grano suave, por lo tanto, a mayor tiempo de molienda mayor suavidad del grano. La escala establece para índices iguales o inferiores a 45 trigos duros, de 46 a 55 trigos intermedios, y valores superiores a 55 trigos suaves.

11. Análisis Electroforético de proteínas de gluten.

La electroforesis es una técnica que permite separar las proteínas en función de su peso molecular. En un electroforegrama se distinguen varias regiones en las que podemos identificar a las gluteninas de alto peso molecular (APM), las gliadinas, las gluteninas de bajo peso molecular (BPM), las alfa, beta y gamma gliadinas y por último las albúminas y globulinas (Mac Ritchie, 1991).

La técnica utilizada es aquella descrita por He et al. (1992) la cual se basa en el sistema de gel discontinuo (dos condiciones de buffer y dos concentraciones de gel de poli(acrilamida) de Laemli (1970).

Para efectuar esta técnica se preparan dos zonas de gel de poli(acrilamida), la de separación y la de concentración de entidades de proteínas. Esta última se forma sobre la primera previamente formada. Los geles y soluciones se preparan como indica el cuadro V.

Cuadro V

Preparación de soluciones y geles empleados en electroforésis.

Soluciones	Forma de preparar
1M TRIS, pH 8.8	30.275 g TRIS + 220 ml agua(1). Ajuste de pH con HCl. Aforo a 250 ml.
1M TRIS, pH 6.8	12.11 g TRIS + 80 ml agua. Ajuste de pH con HCl. Aforo a 100 ml.
SDS al 10%	5.0 g de SDS + 50 ml agua.
De gel de separación (40% de acrilamida)	0.150 g de bisacrilamida + 11.85 g de acrilamida + 20 ml agua. Aforar a 30 ml.
De gel de corrimiento (40% de acrilamida)	0.52 g de bisacrilamida + 39.48 g de acrilamida + 70 ml agua. Aforar a 100 ml.
Buffer de muestra, pH 6.8	12.0 g glicerol + 36 ml agua + 0.757 g de TRIS + 4.0 g de SDS + 6.0 μ g de azul de bromofenol. Ajuste de pH a 6.8
Buffer de tanque, pH 8.3	30.1 g de TRIS + 887 ml agua. Agitar y adicionar 144.0 g de glicina y 10.0 g de SDS. Ajustar pH.

Continuación cuadro V

Solución/gel	Forma de preparar
Buffer de extracción de proteína	27 ml agua + 30 ml buffer de muestra + 3.0 ml. de beta-mercaptoetanol.
Buffer de tanque	400 ml de buffer de tanque + 3600 ml agua.
Gel de aplicación 4.1% de acrilamida 0.304% de bisacrilamida	12.55 ml agua + 21.6 ml TRIS pH 6.8 + 1.72 ml Solución de acrilamida de gel de aplicación + 0.17 ml de SDS al 10% + 0.60 ml de persulfato de amonio al 1%. Adicionar 10µl de TEMED.
Gel de corrimiento 8.7% de acrilamida 0.305% de bisacrilamida	38 ml de TRIS pH 8.8 + 21.26 ml de gel de corrimiento + 1.0 ml de SDS al 10% + 37.7 ml de agua. Desairear la mezcla, filtrar. Adicionar 2.0 ml de persulfato de amonio al 1%. Adicionar 40µl de TEMED.

(1) En todos los casos se utilizó agua destilada

TRIS 2-amino-2-hidroximetil-1,3-propanodiol.

SDS Sodium dodecyl sulfate (Dodecil sulfato de sodio).

TEMED N,N,N',N'-tetrametil-etilen-diamina.

Extracción de proteína.

Pesar 40mg de muestra en un microtubo de centrifuga Eppendorff y adicionar 600 μ l de buffer de extracción de proteína. Incubar por 5 min en agua hirviendo y centrifugar (1 min a 5000 rpm).

Polimerización de geles y separación de las proteínas.

Para el desarrollo electroforético se utilizó el equipo BIORAD. Se ensambla el "sandwich" de vidrio, de 20 cm de alto y 1.0 mm de espacio entre los dos cristales del sandwich, donde se formaran los geles, sellando temporalmente la base del sistema. Se adiciona solución de gel de separación o corrimiento. La polimerización de este gel toma de 60 a 90 min. Una vez drenada el agua sobre el gel de separación, se adiciona la solución de gel de concentración o aplicación de proteína, hasta llenar el espacio remanente del "sandwich". Sobre la cima del "sandwich" se inserta el formador de carriles. La polimerización toma aproximadamente 60-90 min.

Formada la placa de poliacrilamida, se aplica sobre los carriles del gel 12 μ l de extracto de proteína. Se efectúa la separación electroforética a 12 mA/gel, 15 °C hasta que el colorante indicador llegue al final del gel (18-20 h).

Las proteínas ya separadas en el gel son fijadas al sumergir el gel por 5 min en una solución de ácido tricloroacético al 12%.

TINCION Y DESTINCION

Se sumergen los geles en una solución de metanol (400 ml), cumasina azul brillante R-250 (1 g), ácido acético glacial (70 ml) y agua (530 ml), por un período de 24 a 48 hrs; se destiñen con una mezcla de metanol, ácido acético glacial y agua (40:70:53).

III ANALISIS DE RESULTADOS.

III ANALISIS DE RESULTADOS.

El análisis de los resultados se realizó utilizando el Paquete SAS (Sistema de Análisis Estadístico) (SAS 1985). El análisis se basó en un diseño completamente aleatorio, y considerando una distribución normal.

El análisis se dividió en dos partes, en la primera se consideraron todas aquellas variables que se determinaron por duplicado, las variables de las que se habla son: cenizas (cen), proteína (pro), sedimentación con dodecil sulfato de sodio (sds), gluten (glu), proteína en gluten (proglu), dureza (dur), tiempo de desarrollo en el mixógrafo (desmix), ángulo de abertura entre la porción ascendente y descendente del mixograma (angmix), relación tenacidad/extensibilidad (PG), fuerza de la masa (W), volumen del pan (vol). La segunda parte se centró en estudiar las variables que por cantidad de muestra insuficiente no se pudieron determinar por duplicado, entre éstas nos referimos a: porcentaje de absorción de agua en el farinograma (absfa), tiempo de desarrollo, de mezclado y de estabilidad en el farinograma (desfa, mezfa y estfa respectivamente), unidades Brabender (UB) de caída después de 3 y 4 minutos de alcanzar el tiempo óptimo de mezclado (tolfa y tolefa respectivamente) y el ángulo de formado entre la línea de las 500 U.B. y la curva de caída (angfa).

La primera parte del análisis estadístico de las variables obtenidas por duplicado en el laboratorio, consistió en establecer diferencias significativas a un nivel alfa de 0.05 ($P < 0.05$) (apéndice I y apéndice II) entre triplicados a nivel de campo y entre los tratamientos (las líneas hermanas y el progenitor hexaploide). En lo que se refiere a las variables de la 2a parte del estudio se analizaron y compararon a nivel de tratamientos únicamente (líneas hermanas y progenitor hexaploide).

El diseño realizado con las variables permitió establecer los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1= Progenitor hexaploide (Seri).

Tratamiento 2= Triplicados de la línea hermana 1 de la cruz 1 (Cruza 1: Seri*2//Gta'S//Dur 69; línea 1: CM-97040-A- 2B-14Y-0B-15Y-0B).

Tratamiento 3= Triplicados de la línea hermana 2 de la cruza 1 (Cruza 1: Seri*2//Gta'S'/Dur 69; línea 2: CM-97040-A- 3B-3Y-OB-2Y-OB).

Tratamiento 4= Triplicados de la línea hermana 3 de la cruza 1 (Cruza 1: Seri*2//Gta'S'/Dur 69; línea 3: CM-97040-A- 3B-3Y-OB-10Y-OB).

Tratamiento 5= Triplicados de la línea hermana 1 de la cruza 2 (Cruza 2: Seri*2//AIX; línea 1: CM-97039-A- 3B-11Y-OB-10Y-OB).

Tratamiento 6= Triplicados de la línea hermana 2 de la cruza 2 (Cruza 2: Seri*2//AIX; línea 2: CM-97039-A- 3B-12Y-OB-4Y-OB).

Se sugirió el modelo:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}; \quad j=1\dots n \\ i= 1,\dots,n$$

donde:

Y_{ij} = respuesta a la j -ésima unidad experimental con el tratamiento i -ésimo.

U = media general común a las j -ésimas unidades experimentales.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = error experimental de la j -ésima unidad experimental del i -ésimo tratamiento.

Los juegos de hipótesis fueron:

1) $H_0: T_2 = T_3 = T_4$ vs $H_a: T_2 \neq T_3 \neq T_4$.

2) $H_0: T_5 = T_6$ vs $H_a: T_5 \neq T_6$.

3) $H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ vs $H_a: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$.

4) $H_0: T_1 = T_5 = T_6$ vs $H_a: T_1 \neq T_5 \neq T_6$.

Siendo la regla de decisión "Rechazar H_0 si $F_0 > F'_{n-1, \alpha}$, tomando como nivel de significancia 0.05.

El segundo objetivo fue establecer relaciones y explicaciones biológicas entre las diferentes variables evaluadas.

CENIZAS

El análisis estadístico permitió establecer que existen diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de cenizas entre triplicados a nivel de campo, para las líneas de la cruz 1, con diferencias mínimas significativas (DMS) variables (apéndice II, tabla 1; cuadro VI).

Cuadro VI
Análisis de varianza, contenido de cenizas.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} %	C.V. ⁴ %
Seri		0.585	
Cruza 1			
Línea 1	0.039 #	0.415 a *	2.20
Línea 2	0.042 #	0.380 b *	2.63
Línea 3	0.060 #	0.400 ab *	3.53
Cruza 2			
Línea 1	0.106	0.403 a *	6.24
Línea 2	0.079	0.461 b *	4.05

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

Harnas en base de 14% de humedad.

Se detectaron diferencias significativas entre líneas hermanas, así como con respecto al progenitor hexaploide.

Las líneas hermanas 1 y 2 de la cruza 1 presentan diferencias, también las líneas hermanas de la cruza 2.

El progenitor hexaploide presenta diferencias significativas con respecto a las líneas hermanas de estudio. Estas diferencias son consecuencia directa del tipo de molino empleado para moler el grano, ya que como se mencionó en la sección de metodologías, la harina del progenitor Seri se obtuvo en un molino tipo Bühler, mientras que las otras harinas se obtuvieron con un molino Brabender. La diferencia que existe entre estos dos molinos radica en que el primero estaba calibrado para moler más finamente el grano, obteniéndose con ésto más salvado en forma de harina.

DUREZA DEL GRANO

El análisis de varianza (apéndice II, tabla 2) se obtuvo con una DMS de 0.0 entre triplicados para las líneas hermanas 1 y 3 de la cruza 1. Este resultado es consecuencia de que entre repeticiones a nivel de laboratorio no hubo variabilidad, sin embargo, las diferencias entre triplicados (apéndice I) en relación a dureza no son consideradas significativas en la práctica, ya que los valores obtenidos caen en el rango que las clasifica como de la misma dureza. En el cuadro VII, se puede observar que mediante la prueba de Tukey no se establecieron diferencias significativas ($Pr < 0.05$) entre las líneas hermanas de la cruza 1, mientras que para la cruza 2 si las hubo. Se encontró que el progenitor harinero presenta diferencias significativas con respecto a la línea 1 y 2 de la cruza 1 y a la línea 2 de la cruza 2. Al observar el cuadro VII, se encuentra que el progenitor hexaploide aparece como el trigo más duro que las líneas de las cruza obtenidas (recordar que a mayor dureza menor valor del índice de dureza).

Cuadro VII

Análisis de varianza, dureza del grano.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} %	C.V. ⁴ %
Seri		41.0	
Cruza 1			
Línea 1	0.0 #	44.0 a *	0.0
Línea 2	7.3	44.0 a *	3.9
Línea 3	0.0 #	42.0 a	0.0
Cruza 2			
Línea 1	4.9	42.0 a	2.7
Línea 2	0.0	46.0 b *	0.0

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

Si consideramos que los trigos cristalinos se caracterizan por tener un grano duro y por lo tanto índices de dureza más bajos que los trigos harineros, los resultados obtenidos para las líneas estudiadas se alejan de lo esperado. Esto puede ser resultado de genes provenientes de Seri expresados en la cruza.

PROTEÍNA

Debido a la importancia que presenta la proteína en una harina para obtener un pan de características aceptables, centramos la atención en este punto.

El apéndice II, tabla 3 nos muestra que, a nivel de repeticiones, hay diferencias significativas del 5% , estas diferencias son en las líneas hermanas 1 y 3 de la cruz 1. En el cuadro VIII se observa el análisis de varianza para esta variable.

Cuadro VIII
Análisis de varianza, contenido de proteína.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} %	C.V. ⁴ %
Seri		10.1	
Cruza 1			
Línea 1	0.49 #	10.5 a *	1.1
Línea 2	0.17	10.3 a	0.4
Línea 3	0.17 #	10.4 a *	0.4
Cruza 2			
Línea 1	0.85	10.2 a	2.0
Línea 2	0.71	9.8 b *	1.7

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C V Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

Se observó para las líneas 1 y 3 de la cruz 1 y la línea 1 de la cruz 2 una mayor amplitud de proteína. La línea hermana 2 de la cruz 2 presenta un límite superior menor con respecto a la línea 1 (apéndice I).

Mediante el análisis estadístico realizado se detectaron diferencias significativas entre las líneas hermanas de la cruz 2.

El progenitor hexaploide es diferente a las líneas hermanas 1 y 3 de la cruz 1 (valores por arriba) y a la línea 2 de la cruz 2 (valor por abajo).

GLUTEN Y CONTENIDO DE PROTEINA GLUTEN EN HARINA.

Como se mencionó anteriormente en la introducción, la principal proteína que constituye una harina de trigo es el gluten. Siendo el gluten la proteína responsable de las propiedades de panificación, la determinación de gluten es importante para saber cuanto de la proteína determinada corresponde a la proteína de interés en la elaboración de pan.

El apéndice II, tabla 4 nos muestra diferencias significativas entre los triplicados de todas las líneas excepto las líneas 2 de ambas cruces. Como se observa en el cuadro IX, entre líneas hermanas de la cruz 1 hay diferencias significativas de la línea 1 y 2 con la 3, así como entre las líneas de la cruz 2. Al comparar esta información con la de proteína, se observa que el contenido de gluten es inferior para todas las líneas de estudio en comparación al contenido de proteína. La tendencia cuantitativa por cruces es similar, con las diferencias que para la cruz 1, la línea 2 presenta mayor contenido de gluten que la línea 1, mientras que para el contenido de proteína se presenta de manera inversa; en la cruz 2 se presentan diferencias cuantitativas más marcadas con respecto al gluten, el menor contenido de gluten y proteína para línea 2 de esta cruz puede ser un indicador importante en la calidad del pan obtenido.

Cuadro IX
Análisis de varianza, contenido de gluten.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} %	C.V. ⁴ %
Seri		8.3	
Cruza 1			
Línea 1	0.52 #	9.1 a *	1.3
Línea 2	0.57	9.2 a *	1.5
Línea 3	0.00 #	8.9 b *	0.0
Cruza 2			
Línea 1	0.39 #	9.2 a *	1.0
Línea 2	0.39	7.7 b *	1.2

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo (Pr<0.05).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

Con respecto a Seri, se observaron diferencias significativas con todas las líneas. Analizando los límites (apéndice I), se observó que la línea 2 de la cruza 2 presenta menor contenido de gluten, mientras que las demás líneas se encuentran por arriba.

Se puede pensar en varias causas del porque las líneas desarrolladas tienen mayor gluten que el progenitor hexaploide. En primer lugar, se puede deber a que el gluten esté en mayor o menor grado de pureza según la efectividad del lavado. Otra razón puede ser que el progenitor tetraploide y/o la recombinación entre especies, proporcionen ese mayor contenido de gluten. Una manera de eliminar el factor " efectividad de lavado", fue

determinando el porcentaje de proteína real que se haya en el gluten. Al determinar el porcentaje de proteína en el gluten seco y expresarlo como proteína de gluten en harina, se observó (Cuadro X, apéndice II-tabla 5) que entre triplicados se presentaron diferencias significativas del 5% (repeticiones de las líneas de la cruz 1), así como entre tratamientos (líneas hermanas). Con respecto a Seri, se presentan diferencias significativas con todas las líneas, con una tendencia similar a la observada en relación al contenido del gluten.

Cuadro X

Análisis de varianza, contenido de proteína de gluten en harina.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} %	C.V. ⁴ %
Seri		7.1	
Cruza 1			
Línea 1	0.35 #	7.5 a *	1.1
Línea 2	0.55 #	7.7 b *	1.7
Línea 3	0.24 #	7.5 a *	0.8
Cruza 2			
Línea 1		7.6 a *	0.0
Línea 2		6.5 b *	1.1

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

SEDIMENTACION

El volumen de sedimentación es un valor que se relaciona con la calidad de proteína.

Entre triplicados de líneas hermanas no se encontraron diferencias significativas ($Pr < 0.05$) (apéndice II, tabla 6). Se observaron diferencias significativas (cuadro XI) entre líneas hermanas y con respecto al progenitor hexaploide excepto este último, con la línea 2 de la cruz 2. Las líneas de la cruz 1 presentaron valores de sedimentación menores a los del progenitor hexaploide.

Cuadro XI

Análisis de varianza, volumen de sedimentación.

Línea o variedad	DMS ¹ cc	Media ^{2,3} cc ⁵	C.V. ⁴ %
Seri		11.5	
Cruza 1			
Línea 1	0.9	10.5 a *	2.0
Línea 2	0.9	9.5 b *	2.2
Línea 3	0.0	8.5 c *	0.0
Cruza 2			
Línea 1	1.2	14.0 a *	2.0
Línea 2	1.5	11.0 b	3.2

1 DMS Diferencias mínimas significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

5 cc Centímetros cúbicos.

Como se mencionó anteriormente, el contenido de proteína y gluten se relaciona directamente con el valor de sedimentación (SDS). El hecho de que el contenido proteico de las líneas de la cruz 1 sea superior que el contenido de Seri, y los índices de sedimentación estén por debajo del progenitor puede ser indicador de que el gluten de estas no sea de buena calidad panadera.

Por otro lado, las líneas hermanas de la cruz 2 presentaron valores de sedimentación mejores (línea 1) o similares (línea 2), con respecto al progenitor harinero. Con estos valores de sedimentación, se espera que el gluten presente sea de buena calidad y con ello se obtenga un pan con características deseables y equiparables o superiores a los panes obtenidos con la harina de Seri.

MIXOGRAFO. TIEMPO DE DESARROLLO Y ANGULOS FORMADOS EN EL MIXOGRAMA.

Los tiempos de desarrollo del mixograma (apéndice IV) presentaron diferencias significativas entre los triplicados de la línea 2 de la cruz 1 y los de la línea 1 de la cruz 2. La línea 3 de la cruz 1, presentó un C.V. alto, lo cual disminuye la confiabilidad de la información obtenida para esta línea. Se observaron diferencias significativas ($Pr < 0.05$) (apéndice II, tabla 7; apéndice IV y cuadro XII) entre dos líneas de la cruz 1 y entre las líneas hermanas de la cruz 2. La variedad Seri presentó diferencias significativas con respecto a todas las líneas excepto con la línea 1 de la cruz 2; se observó que las líneas de la cruz 1 presentan menor tiempo de mezclado, así como también la 2a. línea de la cruz 2.

Cuadro XII

Análisis de varianza, tiempo de mezclado.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} min	C.V. ⁴ %
Seri		2.05	
Cruza 1			
Línea 1	0.40	1.34 a *	7.0
Línea 2	0.09 #	1.17 b *	1.7
Línea 3	0.65	0.97 c *	15.8
Cruza 2			
Línea 1	0.09 #	2.06 a	1.0
Línea 2	0.36	1.64 b *	5.1

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

Si esta información la relacionamos con el contenido de gluten y con el índice de SDS, podemos pensar que el gluten de la línea 1 de la cruza 2 presenta características de desarrollo de masa adecuadas para su panificación (apéndice I). La línea 2 de la cruza 2 presenta características adecuadas de mezclado de masa, debido a que su gluten es de buena calidad. El gluten de las líneas de la cruza 1 presentaron tiempos de mezclado corto, esto puede ser indicador de un gluten de mala calidad, sobre todo para la línea 3.

Con respecto al ángulo de abertura de la porción inferior de los mixogramas, se observó mucha variabilidad entre duplicados (apéndice I, cuadro XIII).

Cuadro XIII
Análisis de varianza, ángulo de abertura del mixograma.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} °	C.V. ⁴ %
Seri		113.0	
Cruza 1			
Línea 1	41.3	100.0 a	9.8
Línea 2	41.9	86.0 a	11.5
Línea 3	76.8	79.0 a *	23.0
Cruza 2			
Línea 1	13.5 #	106.0 a	3.0
Línea 2	42.9	112.0 a	9.1

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo (Pr < 0.05).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

5 ° grados.

En base a una harina de 14% de humedad.

El rango de este parámetro fue desde 72° hasta 119°. Los coeficientes de variación indican que hubo mucha dispersión entre los datos. La variedad Seri presentó diferencias significativas del 5% con respecto a la línea 3 de la cruz 1 únicamente. Basándonos en los límites superiores e inferiores se observó que las líneas de la cruz 1 presentaron menor ángulo de abertura. Estos ángulos están relacionados con la estabilidad de una masa, y con el

tiempo de desarrollo. A mayor abertura más estable y viceversa. Al comparar ángulos de abertura con tiempo de desarrollo de las líneas hermanas se observa un comportamiento similar en ambos parámetros, aunque con menor grado de precisión para ángulos de abertura.

FARINOGRAMA

Con respecto a las variables obtenidas de los farinogramas, únicamente se harán observaciones a groso modo, comparando líneas hermanas y con respecto al progenitor hexaploide, así como con la información obtenida con los mixogramas (apéndice V).

Con la ayuda del apéndice III y se establecen las siguientes observaciones:

1) Los tiempos requeridos en el mixógrafo son menores con respecto al farinógrafo. Esto es consecuencia de las diferencias en velocidad y tipo de mezclador. 2) Los triplicados de la 1a. línea hermana de la cruz 2 presentan el mayor tiempo de mezclado y tiempo de estabilidad. 3) En general, con ambos equipos, se obtiene que las fuerzas de las harinas son:

1a. línea de la cruz 2 > Seri > 2a. línea de la cruz 2 > 1a. > 2a. > 3a. (de la cruz 1 de estudio). 4) Con respecto a los índices de tolerancia, para 3 y 4 minutos (tolfa y tolefa, respectivamente), y el ángulo de caída, presenta una variabilidad alta entre triplicados. Sin embargo, de forma general se establece que las líneas de la cruz 1 presentan caídas de la curva más pronunciadas que la cruz 2. De esto, concluimos, que la harina de la primera cruz forma masas menos estables al sobremezclado que las de la cruz 2 y que Seri. Mas aún, si comparamos los datos de líneas hermanas, encontramos que se establecen diferencias.

5) Tanto el farinograma como el mixograma permiten establecer parámetros de fuerza de la masa y los tiempos óptimos de mezclado, sin embargo, la ventaja del mixógrafo sobre el farinógrafo radica en que el primero es un aparato que requiere menor tiempo de manejo de la prueba (relación 1:4 aproximadamente). 6) El mixógrafo presenta la desventaja de no ser un instrumento tan preciso como el farinógrafo en la medición de absorción óptima de agua.

RELACION TENACIDAD/EXTENSIBILIDAD Y FUERZA DE LA MASA.

El valor de la relación de tenacidad (P), con respecto a la extensibilidad de la masa (G, índice de hinchamiento) fue significativamente diferente entre duplicados (apéndice I). Considerando que la extensibilidad de una masa se ve mermada en las piezas de prueba con respecto al tiempo que se encuentra en el mezclador, se tomará el segundo duplicado como error constante para todas las pruebas (el C.V. se ve incrementado).

Entre los triplicados de las líneas hermanas no encontramos diferencias significativas. Observamos que entre líneas hermanas de ambas cruzas se presentaron diferencias significativas (apéndice II. Tabla 9, cuadro XIV,apéndice VI). Comparando el progenitor Seri con las líneas se tiene que la línea 2 de la cruz 2 es la única que no presenta diferencias significativas.

Al clasificar las líneas estudiadas dentro de la escala de masas tenaces, balanceadas y extensibles, observamos que Seri, junto con las líneas 2 y 3 de la cruz 1 y la línea 2 de la cruz 2 tienden a ser tenaces, mientras que los glutenes de las líneas 1 de ambas cruzas presentan un tipo de gluten de balanceado a extensible, lo cual representa una mejor característica que el progenitor Seri.

Cuadro XIV

Análisis de varianza, tenacidad/extensibilidad.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3}	C.V. ⁴ %
Seri		6.3	
Cruza 1			
Línea 1	2.1	5.1 a *	10.0
Línea 2	2.7	7.5 b *	8.7
Línea 3	2.7	9.0 c *	7.1
Cruza 2			
Línea 1	0.7	4.9 a *	3.6
Línea 2	1.9	7.0 b	6.3

1 DMS Diferencias mínimas significativas entre triplicados.

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

Por otro lado, el valor alveográfico W, el cual indica la fuerza de la masa, arrojó resultados significativamente diferentes del 5% entre duplicados (apéndice I) por la misma razón que para la relación P/G. Entre triplicados no se presentaron diferencias significativas del 5% excepto para la línea 1 de la cruza 1. Al comparar los resultados entre líneas hermanas, para la cruza 1 se observó que las líneas 2 y 3 no fueron significativamente diferentes entre sí, pero diferentes con respecto a la línea 1. Se encontraron diferencias entre las líneas de la cruza 2 (Cuadro XV; apéndice II, tabla 10, apéndice VI).

Seri presentó diferencias significativas con respecto a las líneas 2 y 3 de la cruza 1 y a la línea 1 de la cruza 2. El progenitor hexaploide se encuentra en el límite de masas medio

fuertes y débiles, las líneas de la cruz 1 presentan masas débiles, la línea 1 de la cruz 2 presenta características de masa fuerte, y la línea 2 de masa medio fuerte. Si comparamos estos resultados con los de SDS, gluten y tiempo de mezclado detectamos características semejantes.

Cuadro XV.
Análisis de varianza, fuerza de la masa.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} X 10 ⁻⁴ J	C.V. ⁴ %
Seri		203.0	
Cruza 1			
Línea 1	34.7 #	172.0 a	4.7
Línea 2	59.4	138.0 b *	10.1
Línea 3	67.7	122.0 b *	13.1
Cruza 2			
Línea 1	117.13	310.0 a *	8.9
Línea 2	85.3	216.0 b	9.3

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo (Pr < 0.05).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

ELECTROFORESIS.

El análisis electroforético de gluteninas de alto peso molecular mostró diferencias entre Seri y las líneas de la cruza 2. Las líneas de la cruza 1, mostraron una composición de gluteninas igual a la del progenitor Seri (Cuadro XVI, foto 1).

Cuadro XVI
Gluteninas de alto peso molecular.

Línea o variedad	Subunidades	Calificación de calidad
Seri	1, 7+9, 5+10	3+2+4=9
Gta'S'/Dur 69	nulo, 6+8	1+1=2
AIX	2*, 6+8	3+1=4
Cruza 1		
Línea 1	1, 7+9, 5+10	3+2+4=9
Línea 2	1, 7+9, 5+10	3+2+4=9
Línea 3	nulo, 7+9, 5+10	1+2+4=7
Cruza 2		
Línea 1	nulo, 7+8, 5+10	1+3+4=8
Línea 2	2*, 7+9, 5+10	3+2+4=9

De la información obtenida, se puede mencionar: 1) El progenitor tetraploide Gta'S'/Dur 69 solo contribuye potencialmente con subunidades de gluteninas del cromosoma B; en el 1A posee alelo nulo o cero. El progenitor tetraploide AIX contribuye potencialmente con gluteninas de cromosomas 1A y 1B. El progenitor hexaploide y las cruza 2 presentaron

GLUTENINAS
DE APM.

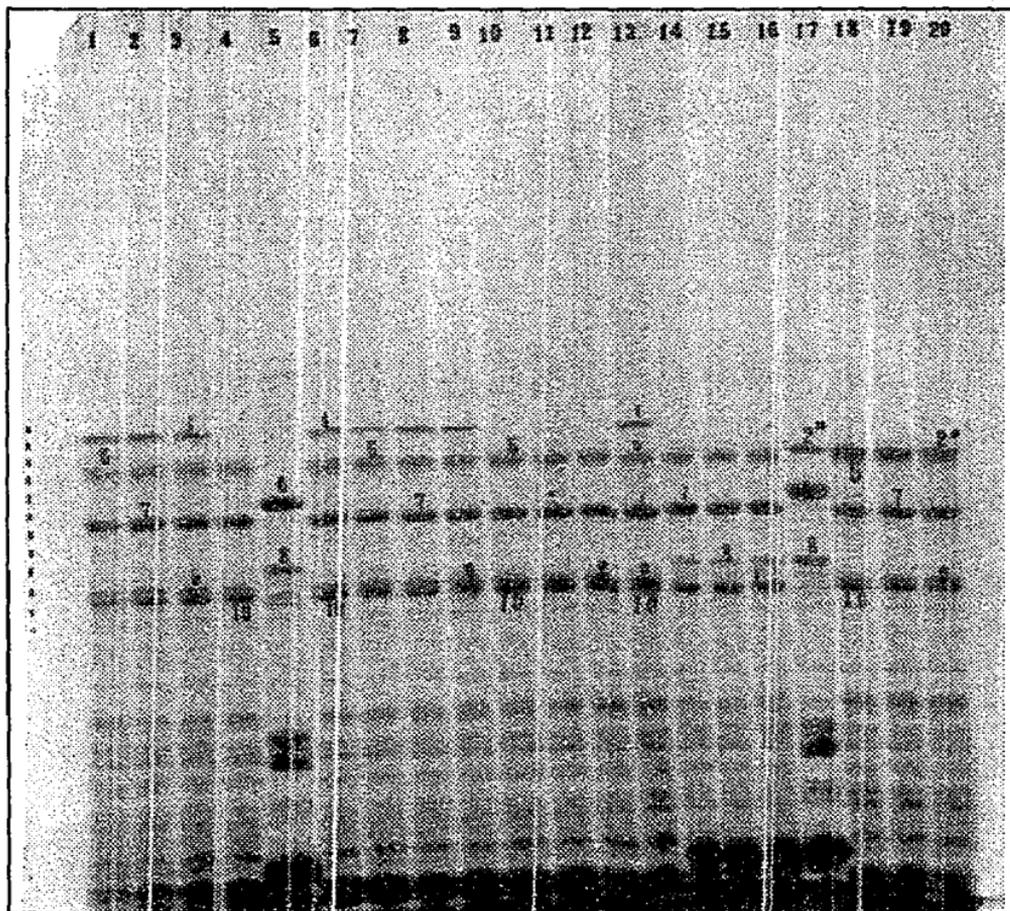


FIGURA 1

ELECTROFOREGRAMA DE GUTENINAS DE ALTO PESO MOLECULAR

Columnas de Izq. a der: 1-3: cruza 1, línea 1; 4: Ser1; 5: Gta S/Dur 69; 6-8: cruza 1, línea 2; 9: Ser1;
10-12: cruza 1, línea 3; 13: Ser1; 14-16: cruza 2, línea 1; 17: AIX; 18-20: cruza 2, línea 2.

genes de los cromosomas 1A, 1B y 1D. 2) Tanto el progenitor hexaploide como las cruza presentan subunidades de los cromosomas 1A y 1B clasificados en diferente nivel en la escala de calidad (que se mencionó en la sección de Control genético de las proteínas). 3) La combinación nulo, 7+8, 5+10 de subunidades de gluteninas de alto peso molecular que se presentan en la línea 1 de la cruza 2, posiblemente sea la responsable de la mejor calidad del gluten y del índice de sedimentación, con respecto al progenitor Seri; y en menor grado para la línea dos de esa misma cruza. 4) La diferencia existente entre las harinas de la cruza 1 con respecto al progenitor hexaploide y entre líneas hermanas, no se puede atribuir a las subunidades de gluteninas de alto peso molecular presentes debido a la misma composición genética que se encontró. Lo cual indica que la composición de gluteninas de alto peso molecular es solo un factor parcial de calidad y que existen otros factores (gluteninas de bajo peso molecular y gliadinas) importantes.

VOLUMEN DEL PAN.

Esta es la prueba que indica directamente si una harina es adecuada o no para producir un determinado tipo de pan. Mediante esta prueba se buscó detectar si las líneas producidas son superiores en calidad panadera con respecto al progenitor harinero y las diferencias entre líneas hermanas.

Durante la elaboración de la masa, se evaluarón características de pegajosidad, la pegajosidad típica (*) que presenta Seri se hizo notar, las líneas estudiadas presentaron también esa característica con excepción de la línea 1 de la cruza 2 que no presentó pegajosidad, lo cual es deseable para una harina. Con respecto a los tiempos de mezclado, se establecieron relaciones proporcionales con los arrojados por los mixogramas.

* Información del Dr. R. J. Peña.

Cuadro XVII

Análisis de varianza, volumen de pan.

Línea o variedad	DMS ¹	Media ^{2,3} cc	C.V. ⁴ %
Seri		750.0	
Cruza 1			
Línea 1	72.4	747.0 a	2.3
Línea 2	54.8	658.0 b *	2.0
Línea 3	46.6	553.0 c *	2.0
Cruza 2			
Línea 1	8.6 #	749.0 a	0.3
Línea 2	139.6	747.0 a	4.4

1 DMS Diferencias mínimas significativas con # son significativas entre repeticiones a nivel de campo ($Pr < 0.05$).

2 Medias con diferente letra son significativas entre líneas hermanas.

3 Medias con * son significativas con respecto a Seri.

4 C.V. Coeficiente de variación.

En base a una harina de 14% de humedad.

Refiriendonos a los panes obtenidos (foto 2) se encontró que entre triplicados no existen diferencias significativas del 0.05 excepto para la línea 1 de la cruza 2 (apéndice II, tabla II). Al comparar entre líneas, observamos (cuadro XVII) que existen diferencias significativas entre el progenitor harinero y la línea 2 y 3 de la cruza 1 con respecto al volumen del pan. Entre líneas hermanas hallamos diferencias en la 1a cruza entre las tres líneas, observándose mayor volumen para la línea 1 y menor para la 3. Aunque Seri no presenta diferencias con respecto a la línea 1 de la cruza 1 y a la cruza 2 en volumen de pan, si se observan diferencias con respecto a la calificación final de la estructura de la miga y del pan (apéndice I).

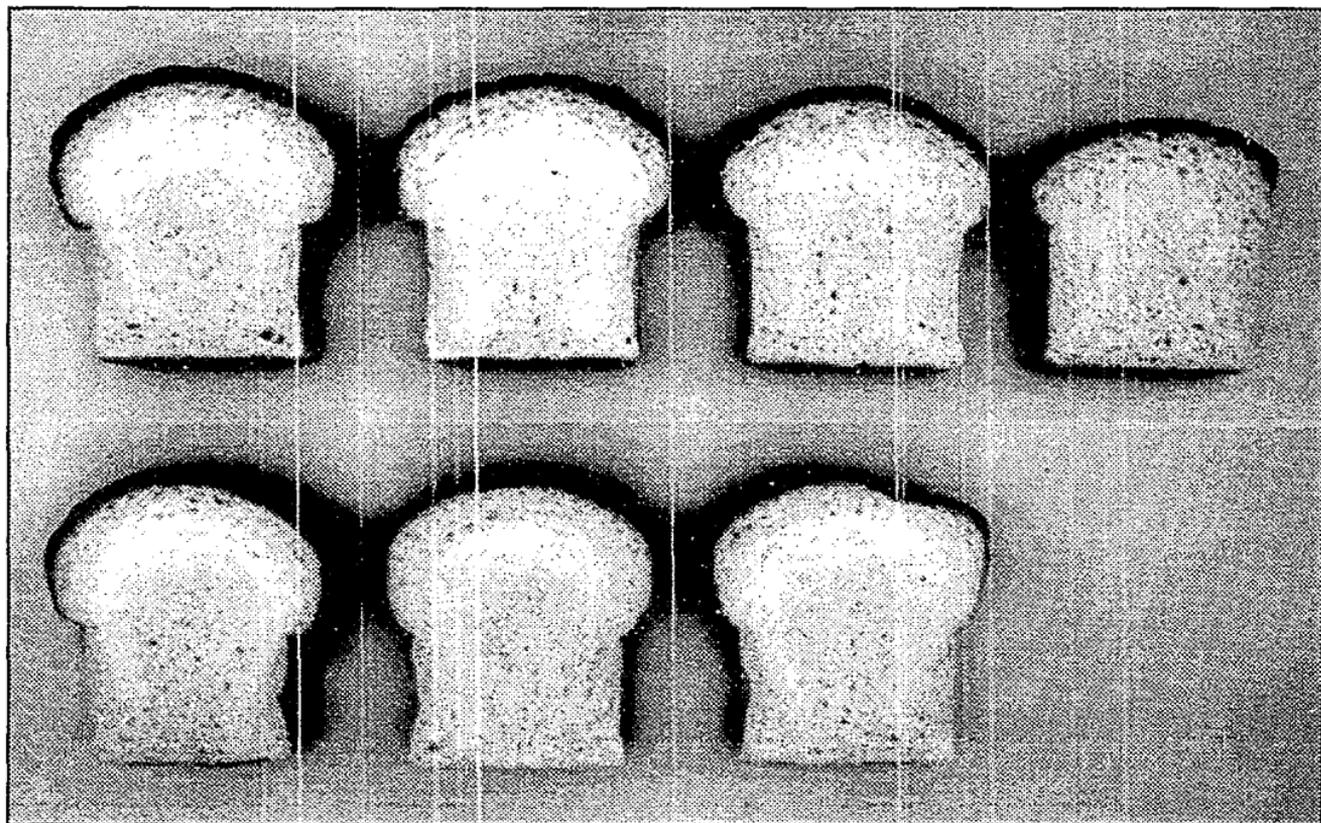


FIGURA 2
PANES DE TRIGO DERIVADOS DE CRUZAS INTERESPECIFICAS

De izq. a der. y de arriba a abajo:

Seri: cruza 1, línea 1; cruza 1, línea 2; cruza 1, línea 3;

Seri: cruza 2, línea 1; cruza 2, línea 2.

Las líneas que presentaron diferencias significativas se encuentran con calificación de igual a inferior con respecto al padre, mientras que las que presentaron volúmenes de pan iguales se encuentran, de manera general, por arriba del trigo hexaploide padre.

CONCLUSIONES

- Es importante caracterizar ambos progenitores en cuanto a características de calidad de gluten así como de composición de gluteninas de alto peso molecular, para dirigir bien las cruza interespecíficas hacia la obtención de líneas con buena calidad, lo cual es posible tal como se demuestra en este trabajo.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que trigos derivados a partir de cruza interespecíficas, pueden tener calidad de panificación muy diversa. La calidad del trigo derivado depende de la calidad de ambos progenitores y las recombinaciones de estos que se manifiesta en los trigos derivados.

El potencial panadero, las características genéticas de gluteninas de alto peso molecular, las características fisicoquímicas estudiadas, y las características reológicas que presenta la línea 2 de la cruza Seri*2//AIX generan una harina que permite desarrollar una masa de calidad panadera aceptable, por lo que se recomienda dar seguimiento a esta línea.

También se puede dar seguimiento a la línea 1 de la cruza 1, Seri*2//Gta'S'/Dur 69, y a la línea 2 de la cruza Seri*2//AIX, ya que pueden ser mejoradas aún más utilizandolas en nuevos cruzamientos.

- La ventaja de emplear el Mixógrafo National sobre el Farinógrafo de Brabender en un programa de mejoramiento genético radica en que el primero es un aparato que requiere menor tiempo para realizar la prueba. Este parámetro es muy importante, ya que en una investigación de este tipo se deben de conocer en el menor tiempo posible los factores de fuerza de gluten y tiempo óptimo de mezclado.

BIBLIOGRAFIA

- Alonso, S.E., *El cultivo del trigo*, Instituto de Tecnología Agropecuaria, Argentina, 1982, p.15.
- Ayres, G., *Análisis Químico Cuantitativo*, Harper and Row Latinoamericana, 2a ed., 1970, p. 288, 342, 343.
- Badui, D.S., *Diccionario de tecnología de los alimentos*, Ed. Alhambra, México, 1988.
- Badui D.S., *Química de los Alimentos*, Ed. Alhambra, 1981, p. 107-156.
- Bell, P.M. y Simmonds, D.H., *The protein composition of different flours and its relationship to nitrogen content and baking performance*, Cereal Chem 40 (1963), p. 121-128.
- Bloksma, A.H. y Bushuk, W., *Rheology of Chemistry and Dought*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. por Pomeranz, American Assc. of Cereal Chemist, 3a ed., 1988, Vol. II, p. 149, 151, 152, 156.
- Branlard, G. y Dardevet, M., *Diversity of Grain Protein and Bread Wheat Quality II. Correlation between High Molecular Weight Subunits of Glutenin and Flour Quality Characteristics*, Journal of Cereal Science 3(1985), p. 345-354.
- Briggler, L.W., *Origin and Botany of Wheat*, Wheat, Ed. por Ciga-Geigy Ltd., Switzerland, 1980, p. 6-7.
- Bushuk, W., *Wheat flour proteins: Structure and roll in breadmaking*, ICC Symposium, Oslo, 1985.
- Byres, M., Mifflin, B.J., y Smith, S.J., *A quantitative comparison of the extraction of protein fraction from wheat grain by different solvents and of the polypeptide and amino acid composition of the alcohol-soluble proteins*, J. Sci. Food Agric 34(1983), p. 446-462.
- Damania, A.B., Pecetti, L., y Jana S., *Evaluation for Useful Genetic Traits in primitive*

- and Wild Wheats*, Wheat Genetic Resources: Meeting diverse Needs, Ed. por J.P. Srivastava y A.B. Damania, John and Wiley & Sons, 1990, Gran Bretaña, p. 57-67.
- Dexter, J.E., y Matsuo, R.R., *The effect of gluten protein fractions on pasta dough rheology and spaghetti-making quality*, Cereal Chem 55(1978), p. 44-57.
 - Gardner, E.J., *Principios de Genética*, Ed. Limusa, 2a ed., 1977, México, p. 244.
 - Feillet, P., *Wheat proteins. Evaluation and measurement of wheat quality, in cereals for foods an beverages*, Academic Press NY, 1989, p. 183.
 - Hanson, H., Borloug, N.E., y Anderson, G., *Trigo en el Tercer Mundo*, CIMMYT, México, 1982, p. 28-40.
 - Halverson, J., *Criterio of Wheat Quality*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. by Y.Pomeranz, AACC, USA, 3a ed., 1988, vol. 1, p.
 - Infante, G.S., y Zarate G.P., *Métodos Estadísticos*, Ed. Trillas, 1984, p. 413-425.
 - Irvine, G.N., *Durum Wheat and Paste Product*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. por Y.Pomeranz, Amer. Assc. of Cereal Chemist, 2a ed., 1978, p.779.
 - Jerold, A.B., *Make a difference in Marketing*, Wheat is unique, Ed. por Y.Pomeranz, Amer. Assc. of Cereal Chemist, USA, 1989, pp. 303-318.
 - Josephides, C.M., Joppa, L.R. y Youngs, V.L., *Effect of chromosome 1B on gluten strenght and other characteristics of durum wheat*, Crop Sci. 27(1987), p. 212-216.
 - Kaltsikes,P.J., Evans L.E., y Larter, E.N., *Identification of a Chromosome segment Controlling Bread Making Quality in Commun Wheat*, Canadian Journal of Genetic and Citol. 30(1968), p. 763.
 - Kasarda, D.D., *Protein and Aminoacid Composition of Wheat fractions*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. por Y. Pomeranz, Amer. Assc. of Cereal Chemist, 2a. ed, 1978,vol. 3, p.227, 244,256, 277-292.
 - Kasarda, D.D., *Glutenins Structure in Relation to Wheat Quality*, Wheat is unique, Ed. por Y.Pomeranz, AACC, USA, 1989, p. 277-302.
 - Kent, N.L., *Technology of Cereals*, Pergamon Press, 3a. ed., 1980, Gran Bretaña, p. 1-2,51.

- Khattak, S., D'Appolonia, B.L.D., y Banasik, O.J., *Use of the Alveograph for Quality Evaluation of Hard Red Spring Wheat*, Cereal Chemistry, vol. 51 (1974), p. 355-363.
- Kuherth, W.H., D'Appolonia, B.L., *Use of the Mixograph and Farinograph in Wheat Quality Evaluation*, Rheology of Wheat Products, Ed. por H. Faridi, AACC, 1985, p. 37.
- Lehninger, *Bioquímica*, Ed. Omega, 2a ed., España, 1988, p.163, 170-172.
- Mac Ritchie, F., *Advances in Cereal Science and Technology*, AACC, 1985, U.S.A., volumen 3, Editor Pomeranz, AACC, p. 286, 313.
- Miller B.S., Afework, S., Pomeranz, Y., Bruinsma B.L., y Booth G.D., *Measuring the Hardness of wheat*, Cereal Food World, vol. 27, No. 2, 1982, p. 61-64.
- Moonen J.H., Scheepstra A., y Graveland A., *The positive effects of the high molecular weigh subunits 3+10 and 2* of glutenin on the bread making quality of wheat*, Euphytica 32(1983) p. 735-742.
- Mortimer, Ch., *Química*, Grupo editorial Iberoamérica, 5a. ed., 1983, p. 394.
- Mosse, J., y Baudet, J., *Conditions of aqueous extraction of water soluble flour proteins*, C.R.. Hebd. Seances Acad. Sci.,257 (1963), p. 537-540.
- Muller, H.G., *Reología de los alimentos*, Ed. Acribia, España, 1978, p. 20-31, 119-127.
- Nieto-Taladriz, M.T, Brajcich P., Rodriguez R., Amaya A., *Primera aproximación a la obtención de trigos duros de doble propósito*, CIMMYT, 1985.
- *Nueva Enciclopedia Temática*, Ed. Cumbres S.A., 20 ed., México, 1976, tomo 8, p. 34.
- Orth. R.A., *Origin, production and utilization*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. by Y.Pomeranz, Pub. Amer. Assc. of Cereal Chemistry Inc, U.S.A., 2a. ed., 1978, vol. 1, p. 5.
- Orth, R.A. y Bushuk, W., *Studies of Glutenin III. Identification of Subunits Coded by the D-Genome and their Relation to Breadmaking Quality*, Cereal Chemistry vol. 50 (1973), p. 680-687.
- Osborne, T.B., *The proteins of the wheat kernel*, Publ. 84, 1907, Carnegie Inst., Washington.

- Osborne, T.B., *The vegetable proteins*, 1924, 2a. ed, Longmans, Green & Co, London.
- Osborne, T.B., y Harris, I.F., *The chemistry of the protein bodies of the wheat kernel, part II. Preparation of the proteins in quantity for hydrolysis*, Am. J. Physiol. 17(1906), p. 223-230.
- Osborne, T.B., y Vorghees, C.G., *The proteids of the wheat kernel*, J. Am. Chem. Soc. 15(1893), p. 392-471.
- Payne, P.I., Jackson, E.A., y Holt, L.M., *The Association between gamma-gliadin 45 and gluten strength in Durum Wheat varieties: A direct causal effect or the result of Genetic linkage?*, Journal of Cereal Science 2(1984), p. 73-81.
- Peña, R.J., Amaya, A.A., *Breeding for breadmaking Quality Production and Utilization*, CIMMYT, 1989 (datos no publicados)..
- Peña R.J., *Criterios de Calidad Industrial como elementos potenciales para establecer precio por calidad para trigos en México*, Laboratorio de Calidad de Trigo, CIMMYT, 1992, p. 9-12 (datos no publicados).
- Peña, R.J., Amaya, A., Rajaran, A., Mujeeb-Kazi, A., *Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats*, J. Cereal Sci, vol. 12(1990), p. 105-112.
- Peterson, R.F., *Wheat*, Ed. by Nicholas Polunin, Interscience Publisher Inc., U.S.A., 1965, p. 57.
- Polunin, N., *Wheat*, Interscience Publishers Inc., USA, 1965, p. 57.
- Pomeranz, A.Y., Huany, M.L., Rubenthaler, G.L., Jeffers, H.C., *Steamed Bread II. Role of Protein Content and Strength*, Cereal Chemistry, vol. 68, No. 1, 1991, p. 39-42.
- Pomeranz, A.Y., Huany, M.L., Rubenthaler, G.L., Jeffers, H.C., *Steamed Bread II. Role of Protein Content and Strength*, Cereal Chemistry, vol. 68, No. 1, 1991, p. 39-42.
- Pomeranz, Y., *Wheat Chemistry and Technology*, American Assosication of Cereal Chemists, 2a. ed., U.S.A., 1971.
- Pomeranz, Y., *Wheat is unique*, American Association of Cereal Chemists, U.S.A., 1989,p. 277-318.

- Pratt, D.B., *Criterio of Flour Quality*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. by Y.Pomeranz, Am. Ass. of Cereal Chemistry, 2a ed., 1978.
- Rahman, A., *Manual of wheat breeding procedure*, FAO, Roma, 1987, p. 2.
- MacRitchie, F., Kasarda, D.D., y Kuzminsky, D.D., *Characterization of wheat protein Fractions Differing in Contributions to Breadmaking Quality*, Cereal Chemistry, vol. 68(1991), p. 122-130.
- Salazar, M., *La Red Nacional de Investigación en cereales de grano pequeño. Organización actual y planes futuros*, I Conferencia Nacional de trigo 1988, SARH, INIFAP, CIFAP-SON, Marzo 1992, p. 38-47.
- SARH, *Primer Boletín Trimestral de Estadística*, 1991, p.3.
- Shellenberger, J.A., *Production and Utilization of Wheat*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. by Y.Pomeranz, A.A.C.C., 2a. ed, 1978, p.1-2.
- Shogren, M.D., Finney, K.F., Bolte, L.C., y Hosenev, R.C., *A Modified Alveograph method for Hurd winter wheat flour*, Agronomy Journal, vol. 55(1963), p. 19-21.
- Shogren, M.D., Finney K.F., Bolte, L.C., y Hosenev, R.C., *Correlation of certain properties of the Alveogram with Important Hard Winter Wheat Quality Characteristics*, Agronomy Journal, Vol. 55 (1963), p. 21-24.
- Sinnott, E., Le Dunn, Dob, T.Z., *Principios de genética*, Ed. Omega, 1961, Barcelona, p. 35-58, 377.
- Tipples, K.H., Preston, K.R., Kilborn, R.H., *Implications of the term "Strenght" as related to wheat and Flours Quality*, Bakers Digest, 1982, p. 16-20.
- Wasik, R.J., *Relationship of protein composition of durum wheat with pasta quality and the effect of processing and cooking on these proteins*, Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 11(1978), p. 129-133.
- Wrigley, C.W., Bietz, J.A., *Proteins and Aminoacids*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. by Y.Pomeranz, AACCC, 3a. ed, 1988.
- Wrigley, C.W., *Gel electrofocusing- A technique for analyzing multiple protein samples*

by isoelectric focusing, Sci. Tools 15(1968a), p. 17-23.

- Wrigley, C.W., *Analytical fractionation of plant and animal proteins by gel electrofocusing*, J. Chromatogr. 35 (1968b), p.302-305.
- Zeleny, L., *Criteria of Wheat Quality*, Wheat Chemistry and Technology, Ed. por Pomeranz, AACC, 2a. ed.,1978, p. 19-50.

MANUALES.

- AACC, *American Association of Cereal Chemist Approved Methods*, 1985.
- Dubois, *La medición alveográfica, Guía para el Usuario*, 202.
- Glutomatic System, ICC Standard No. 137, *Mechanical Determination of Wet Gluten in Wheat Flours*.
- *Installation, Working and Maintance Instructions of Glutomatic Type 2100*.
- *Instruction Manual Brabender, Farinograph, Resistograph Modelo No. 8101, Industrial Measurement and Control System No. 1709E*.
- *International Association for Cereal Chemistry (ICC) Standard No. 116*.
- Lindberg Hevi-Duty, *Laboratory Furnace Guide*, Technological Equipment Department, Octubre 1969.
- *Manual de Empleo del Sistema M. Chopin de patente S.G.D.G. p. 1-15*.
- *Sybron Thermolyne, LT268Xi Operating instructions and parts list for Maxi-Min Vortex Mixer*.

Glosario

Agente tensoactivo- Compuesto que reduce la tensión superficial del medio en que está disuelto.

Aleurona- Capa externa de células del endospermo, que están en contacto con el pericarpio, y forma parte del salvado en la molienda del trigo..

Centrómero- El punto de unión del material cromosómico (cromátida) durante la primera etapa de la mitosis.

Cohesividad- Propiedad mecánica de la textura que indica la tendencia de las partículas de la masa para mantenerse unidas.

Cromosoma- Unidad constituida por DNA, proteínas y otros constituyentes organizados en forma de estructura abastionada responsable de las características estructurales y metabólicas de la célula y de la transmisión de esos caracteres.

Cruza interespecífica- Cruzas híbridas o fecundación entre especies.

Elasticidad- El comportamiento elástico que le proporciona fuerza y resitencia a la masa, como respuesta a una fuerza aplicada. La elasticidad evita que una masa leudada se colapse.

Electroforesis- Método analítico empleado para separar proteínas en base a la movilidad que tiene una molécula al aplicar un campo eléctrico.

Embrión o germen- Estructura celular donde se genera una nueva planta.

Gen- Es la unidad básica por la que están constituidas los cromosomas.

Genomio- Grupo de cromosomas que en conjunto controlan la base genética de una especie.

Un organismo tiene uno o más genomios (el trigo hexaploide tiene 3 genomios: A, B y D con 7 cromosomas cada uno).

Genotipo- Cromosomas y/o genes que caracterizan o definen a un individuo.

Locus- Posición determinada de un gen en un cromosoma.

Locuses- Plural de locus.

Ploidía- Se refiere al número de veces que está presente un determinado tipo o grupo de cromosomas en una especie.

Tenacidad- Resistencia que tiene la masa al extenderse.

APENDICE I

Resultados de la evaluación de parámetros de calidad.

HAR	REP	CEN	PROT	SDS	GLU	PROGLU	DUR	DESMIX	ANGNIX	PG	W	VOL	COLOR	CALIF	CRU
1	1	0.58	10.1	11.5	8.3	-	41	2.00	118	5.8	206	745	acr	R	Seri
1	2	0.59	10.1	11.5	8.3	7.1	41	2.10	108	6.9	199	755	acr	R	Seri
1	1	0.40	10.8	10.0	9.5	7.9	43	1.30	94	4.4	173	795	acr	B	2
1	2	0.38	10.8	10.0	9.5	7.9	43	1.35	109	4.6	167	765	acr	B	2
2	1	0.40	10.4	10.5	8.8	7.3	46	1.35	91	4.8	184	755	acr	B	2
2	2	0.41	10.6	10.5	9.1	7.1	46	1.25	102	5.5	198	730	acr	R	2
3	1	0.45	10.0	10.5	8.8	7.5	43	1.30	94	5.0	161	725	acr	B	2
3	2	0.45	10.2	10.0	8.8	7.5	43	1.50	109	6.0	148	710	acr	B	2
1	1	0.39	10.3	9.5	9.3	8.1	43	1.10	82	6.9	134	650	acr	R	3
1	2	0.40	10.4	9.5	9.2	8.0	43	1.10	102	7.2	129	640	acr	R	3
2	1	0.40	10.3	9.5	9.0	7.1	46	1.20	84	7.3	146	655	acr	R	3
2	2	0.39	10.3	9.0	8.7	7.4	43	1.20	76	8.5	122	685	acr	R	3
3	1	0.36	10.3	9.5	9.3	7.9	43	1.20	92	7.0	160	660	acr	R	3
3	2	0.34	10.3	9.5	9.4	7.9	46	1.25	81	8.0	136	660	acr	R	3
1	1	0.42	10.2	8.5	8.3	6.9	43	1.10	72	9.4	124	550	am	P	4
1	2	0.44	10.2	8.5	8.3	6.8	43	1.00	81	9.2	97	525	am	P	4
2	1	0.41	10.6	8.5	8.9	7.4	43	0.75	59	8.0	152	555	am	P	4
2	2	0.43	10.6	8.5	8.9	7.5	43	1.10	101	9.0	128	555	am	P	4
3	1	0.36	10.5	8.5	9.4	8.1	41	1.00	86	8.7	123	570	am	P	4
3	2	0.34	10.6	8.5	9.4	8.1	41	0.90	75	9.9	108	560	am	P	4
1	1	0.39	10.0	14.0	8.9	7.4	43	2.20	107	4.6	331	700	acr	B	5
1	2	0.42	9.6	14.5	8.9	7.4	41	2.20	110	4.9	283	700	acr	B	5
2	1	0.40	10.1	13.5	9.5	7.8	43	2.00	112	5.0	330	750	acr	B	5
2	2	0.42	10.3	14.0	9.6	-	43	2.05	116	5.0	301	755	acr	MB	5
3	1	0.37	10.5	14.5	9.0	7.7	43	1.95	94	5.0	325	795	acr	MB	5
3	2	0.42	10.7	14.5	9.2	-	41	1.95	100	4.7	287	795	acr	B	5
1	1	0.44	9.4	11.0	7.5	6.4	46	1.70	116	7.8	247	730	acr	B	6
1	2	0.46	9.6	11.5	7.4	6.3	46	1.75	119	8.1	234	750	acr	B	6
2	1	0.45	9.9	10.5	7.9	6.6	46	1.60	115	6.4	244	710	acr	B	6
2	2	0.49	9.6	11.0	7.7	6.5	46	1.80	104	7.4	197	760	acr	B	6
3	1	0.47	10.1	10.5	7.7	6.6	46	1.50	119	6.0	192	795	acr	R	6
3	2	0.46	9.9	11.0	7.7	-	46	1.50	97	6.3	185	735	acr	R	6

Cru- Corresponde un numero diferente a cada una de las lineas hermanas estudiadas (corresponde a los tratamientos definidos)
 Har- Se enumeran los replicados de campo que hay de cada tratamiento.

Rep- Son las repeticiones de laboratorio que se efectuaron con cada una de las harinas.

Cen-Ceniza; Prot-Proteina; SDS-volumen de sedimentación; Glu-Gluten; Proglu-Proteina en gluten; Dur-Dureza; Desmix- Tiempo de desarrollo en mixograma; Desmix-Angulo formado en mixograma; PG-Relacion tenacidad/extensibilidad; W-Fuerza de la masa; Vol-Volumen de panificación; Color y Calif-De la miga.

APENDICE II

Analisis de varianza de los parametros estudiado.

TABLA 1 Dependent Variable: CEN

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
	CRU	5	0.07104833	0.01420967	59.56	0.0001
	CRU*HAR	8	0.01318667	0.00164833	6.91	0.0012
	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2	HAR	2	0.00390000	0.00195000	23.40	0.0148
CRU 3	HAR	2	0.00270000	0.00135000	13.50	0.0316
CRU 4	HAR	2	0.00760000	0.00380000	19.00	0.0198
CRU 5	HAR	2	0.00023333	0.00011667	0.18	0.8405
CRU 6	HAR	2	0.00043333	0.00021667	0.62	0.5956

TABLA 2 Dependent Variable: DUR

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
	CRU	5	64.80000000	12.96000000	14.44	0.0001
	CRU*HAR	8	12.80000000	1.60000000	1.78	0.1701
	Source <td>DF <td>Type III SS <td>Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td></td></td></td>	DF <td>Type III SS <td>Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td></td></td>	Type III SS <td>Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td></td>	Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td>	F Value <td>Pr > F</td>	Pr > F
CRU 2	HAR	2	12.00000000	6.00000000	99999.99	0.0001
CRU 3	HAR	2	3.00000000	1.50000000	0.50	0.6495
CRU 4	HAR	2	5.33333333	2.66666667	99999.99	0.0001
CRU 5	HAR	2	1.33333333	0.66666667	0.50	0.6495
CRU=6	HAR	2	0	0	.	.

TABLA 3 Dependent Variable: PROT

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
	CRU	5	2.05950000	0.41190000	21.93	0.0001
	CRU*HAR	8	1.39800000	0.17475000	9.30	0.0003
	Source <td>DF <td>Type III SS <td>Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td></td></td></td>	DF <td>Type III SS <td>Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td></td></td>	Type III SS <td>Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td></td>	Mean Square <td>F Value <td>Pr > F</td> </td>	F Value <td>Pr > F</td>	Pr > F
CRU 2	HAR	2	0.49333333	0.24666667	18.50	0.0205
CRU 3	HAR	2	0.00333333	0.00166667	1.00	0.4648
CRU 4	HAR	2	0.19000000	0.09500000	57.00	0.0041
CRU 5	HAR	2	0.64000000	0.32000000	8.00	0.0627
CRU 6	HAR	2	0.25000000	0.12500000	4.41	0.1278

TABLE 4 Dependent Variable: GLU

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	10.29533333	2.05906667	195.86	0.0001
CRU*HAR	8	2.42133333	0.30266667	28.79	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	0.54333333	0.27166667	18.11	0.0212
CRU 3 HAR	2	0.28000000	0.14000000	7.64	0.0665
CRU 4 HAR	2	1.21333333	0.60666667	99999.99	0.0001
CRU 5 HAR	2	0.44333333	0.22166667	26.60	0.0123
CRU 6 HAR	2	0.13000000	0.06500000	7.80	0.0648

TABLE 5 Dependent Variable: PROGLU

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	4.49057778	0.89811556	101.35	0.0001
CRU*HAR	8	2.33713889	0.29214236	32.97	0.0001
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	0.49333333	0.24666667	37.00	0.0077
CRU 3 HAR	2	0.72333333	0.36166667	21.70	0.0164
CRU 4 HAR	2	1.56333333	0.78166667	234.50	0.0005
CRU 5 HAR	2	0.12750000	0.06375000	99999.99	0.0001
CRU 6 HAR	2	0.05800000	0.02900000	5.80	0.1471

TABLE 6 Dependent variables: SDS

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	113.51666667	2.07333333	384.97	0.0001
CRU*HAR	8	1.10000000	0.13750000	2.33	0.0844
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	0.25000000	0.12500000	3.00	0.1925
CRU 3 HAR	2	0.08333333	0.04166667	1.00	0.4648
CRU 4 HAR	2	0	0	.	.
CRU 5 HAR	2	0.58333333	0.29166667	3.50	0.1643
CRU 6 HAR	2	0.33333333	0.16666667	1.33	0.3852

TABLA 7 Dependent Variable: DESMIX

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	4.85616667	0.97123333	128.62	0.0001
CRU*HAR	8	0.14333333	0.01791667	2.37	0.0802
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	0.01083333	0.00541667	0.62	0.5956
CRU 3 HAR	2	0.01750000	0.00875000	21.00	0.0172
CRU 4 HAR	2	0.01750000	0.00875000	0.37	0.7193
CRU 5 HAR	2	0.06583333	0.03291667	79.00	0.0025
CRU 6 HAR	2	0.06083333	0.03041667	4.29	0.1317

TABLA 8 Dependent Variable: ANGMIX

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	4841.86666667	968.37333333	7.78	0.0014
CRU*HAR	8	494.73333333	61.84166667	0.50	0.8378
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	33.33333333	16.66666667	0.18	0.8474
CRU 3 HAR	2	144.33333333	72.16666667	0.74	0.5479
CRU 4 HAR	2	19.00000000	9.50000000	0.03	0.9717
CRU 5 HAR	2	301.00000000	150.50000000	14.80	0.0279
CRU 6 HAR	2	104.33333333	52.16666667	0.51	0.6448

TABLA 9 Dependent Variable: PG

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	73.60066667	14.72013333	114.13	0.0001
CRU*HAR	8	5.92733333	0.74091667	5.74	0.0029
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	1.03000000	0.51500000	2.02	0.2782
CRU 3 HAR	2	0.72333333	0.36166667	0.86	0.5075
CRU 4 HAR	2	0.85333333	0.42666667	1.03	0.4559
CRU 5 HAR	2	0.06333333	0.03166667	1.06	0.4497
CRU 6 HAR	2	3.27000000	1.63500000	8.31	0.0598

TABLA 10 Dependent Variable: W

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	136064.06666667	27212.81333333	176.95	0.0001
CRU*HAR	8	3948.20000000	493.52500000	3.21	0.0303
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	1342.33333333	671.16666667	10.04	0.0468
CRU 3 HAR	2	316.33333333	158.16666667	0.81	0.5245
CRU 4 HAR	2	997.00000000	498.50000000	1.95	0.2861
CRU 5 HAR	2	109.00000000	54.50000000	0.07	0.9328
CRU 6 HAR	2	2752.00000000	1376.00000000	3.40	0.1693

TABLA 11 Dependent Variable: VOL

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU	5	187028.75000000	37405.75000000	125.80	0.0001
CRU*HAR	8	13456.66666667	1682.08333333	5.66	0.0031
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CRU 2 HAR	2	3958.33333333	1979.16666667	6.79	0.0770
CRU 3 HAR	2	633.33333333	316.66666667	1.90	0.2930
CRU 4 HAR	2	775.00000000	387.50000000	3.21	0.1799
CRU 5 HAR	2	9058.33333333	4529.16666667	1087.00	0.0001
CRU 6 HAR	2	1033.33333333	516.66666667	0.48	0.6609

Notas:

Cru- Corresponde a cada uno de los tratamientos definidos, es decir, cada una de las líneas hermanas.

Cru * Har- La interacción que hay entre los tratamientos y las harinas de forma general (el universo son todos los tratamientos)

Har- La interacción que hay entre tratamientos y harinas tomando como universo cada uno de los tratamientos.

Pr>F mayor de 0.0005 indica diferencias significativas al nivel de 5%.

APENDICE III

Resultados de los parametros evaluados en el Farmografo

HAR	ABSFA	DESFA	MEZFA	TOLFA	TOLEFA	ANGFA	CRU
1	64.4	6.5	9.5	-25	-45	20	1
1	57.0	4.5	8.0	-45	-65	30	2
2	60.6	3.5	6.5	-60	-85	29	2
3	60.4	4.0	7.0	-70	-90	24	2
1	61.2	3.0	5.5	-90	-110	32	3
3	61.4	3.0	5.5	-90	-115	32	3
2	64.0	2.0	4.0	160	-190	40	4
3	62.0	2.5	4.5	-80	-110	38	4
1	59.8	19.5	22.0	-10	-20	7	5
2	60.8	13.0	15.0	-50	-60	3	5
3	59.8	14.0	16.5	-20	-40	6	5
1	62.8	6.5	9.0	-45	-70	17	6
2	63.6	4.0	8.0	-65	-75	21	6

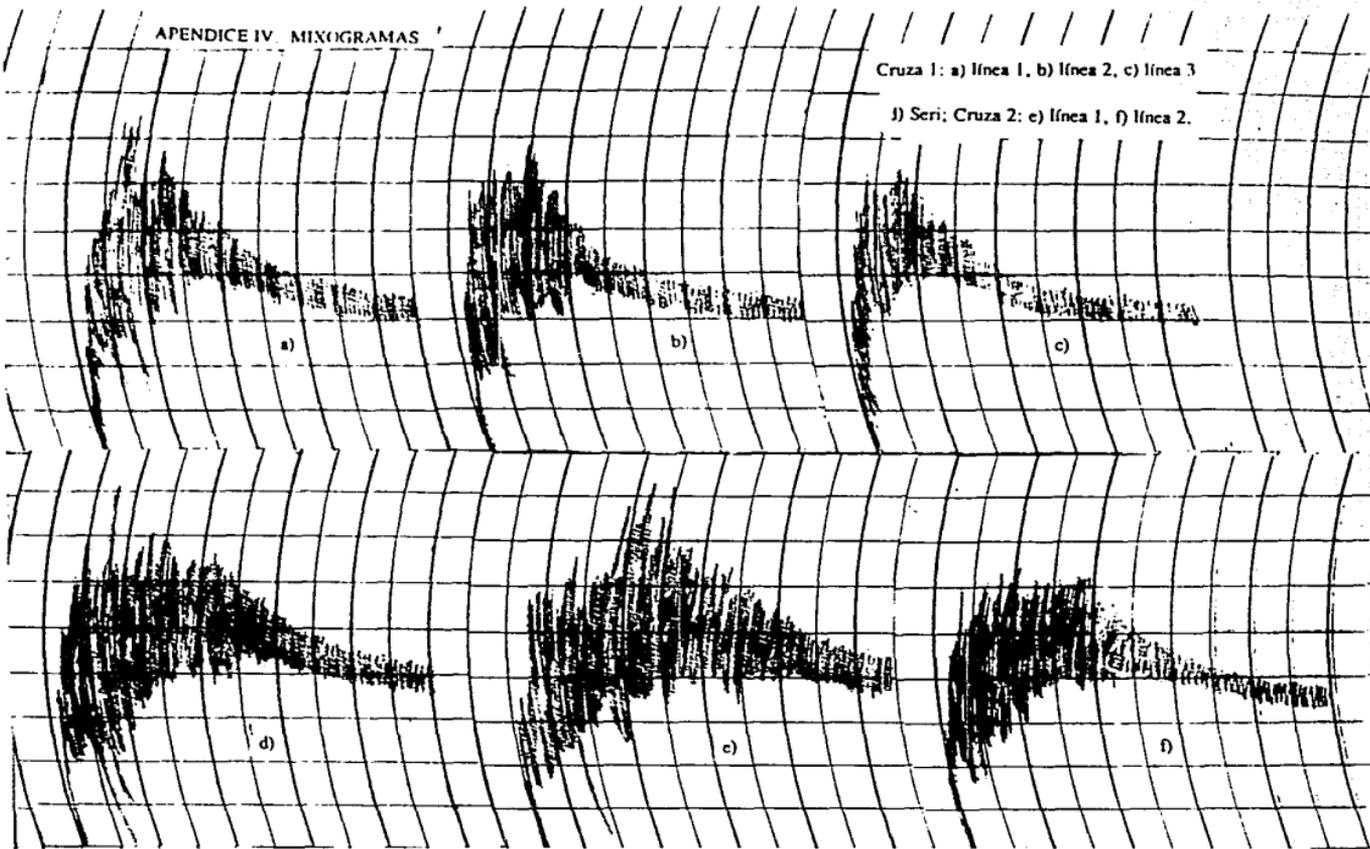
Cru- Corresponde a cada uno de los tratamientos definidos, es decir, cada una de las líneas estudiadas.

Absfa- Porcentaje de absorción de agua; Desta, Mezfa- Tiempo de desarrollo y de mezclado; Tolfa y Tolefa- Unidades Brabender de caída despues de 3 y 4 min, respectivamente, de alcanzar el tiempo optimo de mezclado. Angfa- Angulo formado entre las 500 UB y la curva de caída en el farmograma.

APENDICE IV. MIXOGRAMAS

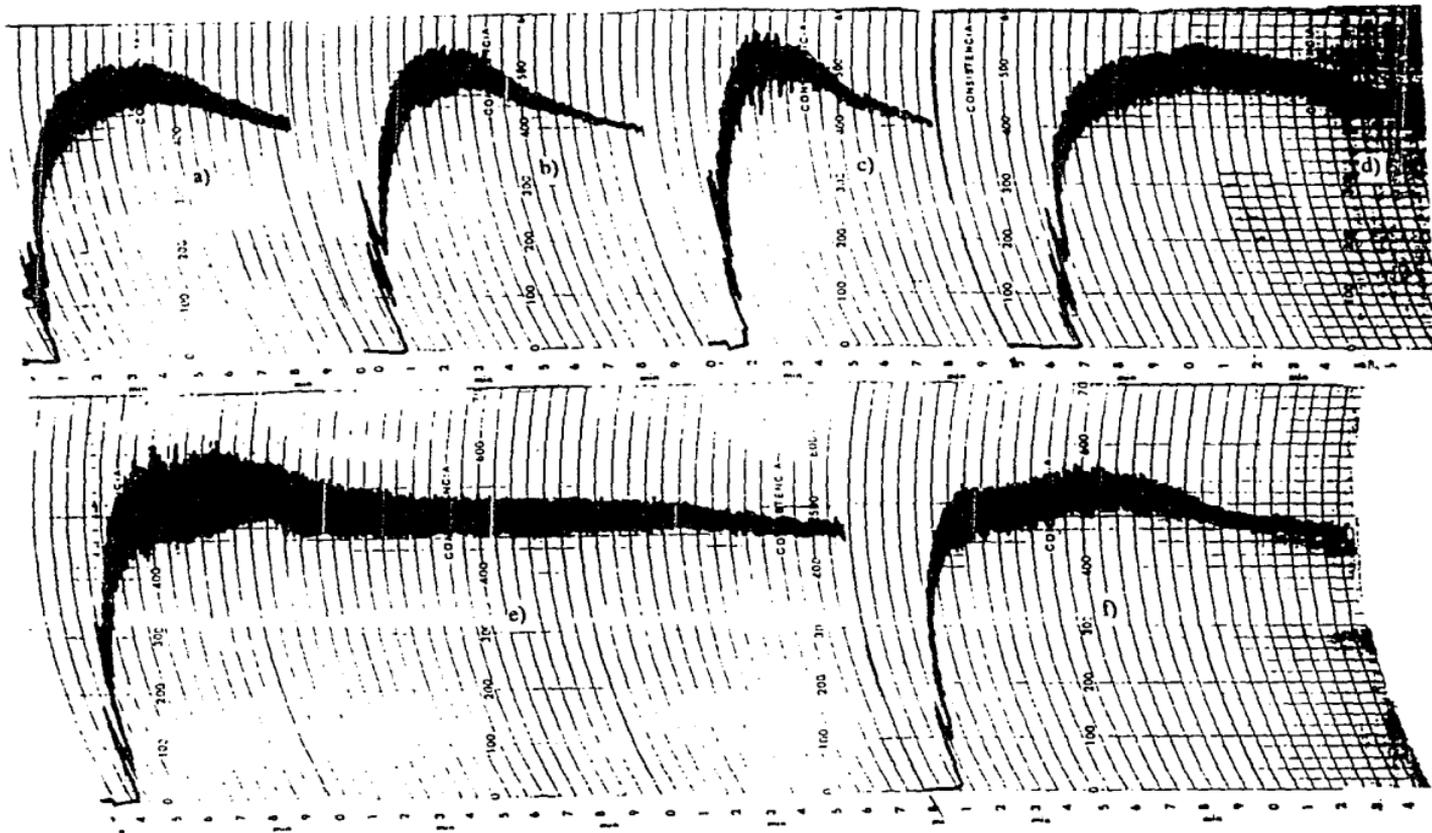
Cruza 1: a) línea 1, b) línea 2, c) línea 3

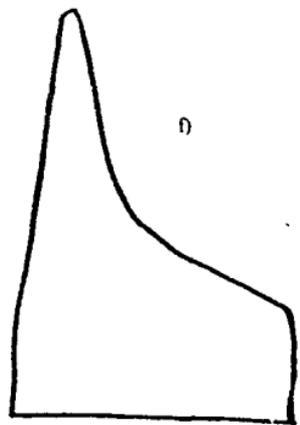
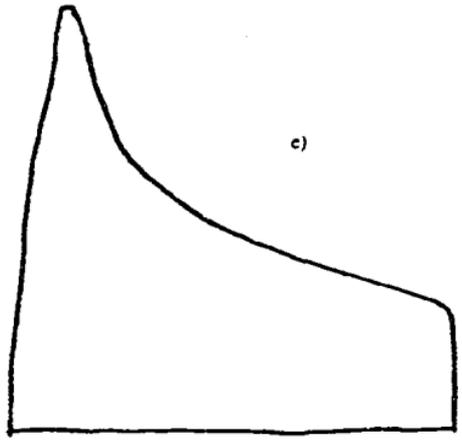
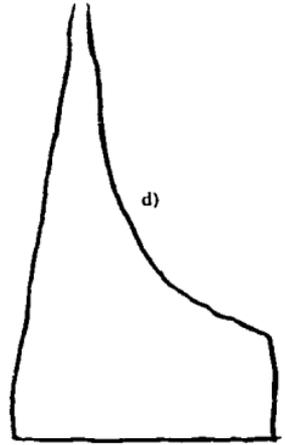
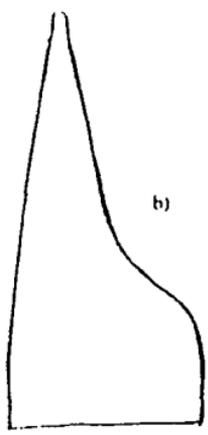
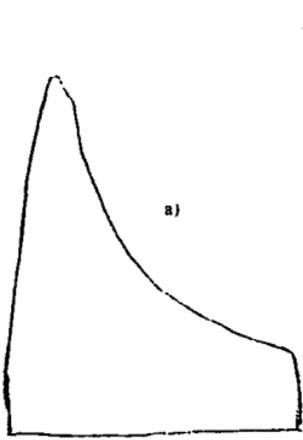
2) Seri: Cruza 2: e) línea 1, f) línea 2.



APENDICE V. FARINOGRAMAS.

Cruza 1: a) línea 1, b) línea 2, c) línea 3; d) Seri; Cruza 2: e) línea 1, f) línea 2.





Cruza 1: a) línea 1, b) línea 2, c) línea 3:

d) Scri: Cruza 2: e) línea 1, f) línea 2.