

UNIVERSIDAD DE SONORA
CENTRO COORDINADOR DE LA INVESTIGACION
SECCION DE ALIMENTOS

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LAS
PROPIEDADES REOLOGICAS DE DOS VARIEDADES DE TRIGO

T E S I S

Que para obtener el Grado de Maestro en Ciencias

PRESENTA

Mario Onofre Cortez Rocha

HERMOSILLO, SONORA

MAYO 1987

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE TABLAS	IV
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
LITERATURA REVISADA	6
Producción Mundial de Trigo	7
Producción Nacional	9
Estructura del Grano de Trigo	10
Composición Química	15
Propiedades Reológicas de las Harinas	21
Fertilizantes	24
MATERIALES Y METODOS	32
Prácticas Culturales	32
Diseño Experimental	34
Análisis de Suelos	34
Análisis Físico del Grano	37
Análisis Químico de las Harinas	37
Análisis Reológicos de las Harinas	39
Pruebas de Panificación	39
Análisis Nutricional	39
RESULTADOS Y DISCUSION	40
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFIA	63

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1.- Producción Mundial de Cereales en 1983	3
Tabla 2.- Principales Países Productores de Trigo en 1984-1985	8
Tabla 3.- Principales Estados Productores de Trigo en el País, Superficie Cosechada y Producción en 1983	11
Tabla 4.- Composición Química del Grano Entero, Endospermo, Salvado y Germen de Trigo	16
Tabla 5.- Fraccionamiento de Proteínas por el Método de Osborne Modificado en Endospermo de Trigo Duro Rojo de Primavera	19
Tabla 6.- Consumo de Fertilizantes en el Estado de Sonora en los Años de 1984-1985	29
Tabla 7.- Calendario de Riegos Para el Area Experi- mental de Siembra de dos Variedades de Trigo...	35
Tabla 8.- Resultado del Análisis del Suelo del Campo Experimental	41
Tabla 9.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en las características Agronómicas de los Trigos Variedades Celaya y Salamanca	42

Tabla 10.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Análisis Químico Proximal en Trigo Variedad Celaya y Salamanca	46
Tabla 11.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en la Composición de Aminoácidos en Trigo Variedad Celaya y Salamanca	48
Tabla 12.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en las Propiedades Viscoamilográficas, Número de Caída y Gluten en Trigo Celaya y Salamanca ..	40
Tabla 13.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Comportamiento Farinográfico de Trigo Variedad Celaya y Salamanca	52
Tabla 14.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Comportamiento Alveográfico en Harinas de Trigo Variedad Celaya y Salamanca	54
Tabla 15.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en las Propiedades de Panificación de Trigos Celaya y Salamanca	57
Tabla 16.- Evaluación Subjetiva de la Apariencia y Textura de Pan Elaborado con Harina de Trigos con Distintas Dosis de Fertilización Nitrogenada	59
Tabla 17.- Resultados de la Digestibilidad In Vitro de la Proteína de Harina de Trigo Variedad Celaya y Salamanca con Diferentes Niveles de Fertilización Nitrogenada	60

INDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 1.- Estructura del Grano de Trigo	14
Fig. 2.- Distribución y Relación de Tratamientos de Fertilización en el Campo	36
Fig. 3.- Farinogramas de Harina de Trigo con Diferentes Niveles de Fertilización	53
Fig.4.- Alveogramas de Harina de Trigo con Diferentes niveles de Fertilización	56

RESUMEN

Se estudió el efecto de 3 niveles de fertilización nitrogenada (0, 120, y 240 Kg de nitrógeno/ha) sobre las propiedades reológicas y de panificación en trigo (Triticum aestivum) variedad Celaya y Salamanca. Los granos de trigo de la variedad Salamanca presentaron mayor peso de 1000 granos y peso hectolítrico que los granos sin fertilizar. La fertilización nitrogenada incrementó la altura de la planta, el rendimiento de grano, el contenido de proteína en la harina así como la absorción de agua y el contenido de gluten en la harina de ambas variedades. El mayor contenido de gluten se reflejó en un prolongado tiempo de desarrollo y aumentó la estabilidad y elasticidad de la masa. El pan elaborado con harinas de trigo fertilizado presentó mejores características que los de trigo sin fertilizar. Las harinas fertilizadas con 120 y 240 Kg de N₂/ha tuvieron propiedades reológicas y de panificación similares. La digestibilidad in vitro de la proteína se incrementó sensiblemente en ambas variedades de trigo.

INTRODUCCION

El principal uso de los fertilizantes es en las plantas alimenticias, de entre las cuales los cereales son los más importantes ya que están ampliamente distribuidos en el mundo. A pesar del bajo contenido de proteínas en sus granos, ellos producen la mayoría de las proteínas de las plantas cosechadas en el mundo (Abrol et al 1971). De la producción anual de alimentos en el mundo, (25×10^8 ton.), la producción de 4 cereales (trigo, maíz, arroz y cebada) fué casi de 15×10^8 ton.

El trigo es el cultivo de mayor producción en el mundo (Tabla 1), seguido muy cercanamente por el arroz y el maíz. Su producción se ha incrementado más rápidamente que la del arroz y casi en la misma proporción que la del maíz, quizás por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación que puede ser desde nivel del mar hasta más de 3000 metros de altitud como en Ecuador y algunos países Africanos. Además, éste puede crecer en distintos tipos de suelos y condiciones climáticas, pero las temperaturas calientes y secas aproximadamente 25°C y de noches frías con lluvias anuales cercanas a 250 mm son las mejores condiciones para óptimos rendimientos (Bushuk, 1986).

Los agricultores cuando fertilizan intentan que sus cultivos tengan un máximo uso del nitrógeno aplicado, sin

Tabla 1.- Producción Mundial de Cereales en 1983

Cereal	Millones de ton.
Trigo	499.8
Arroz	449.8
Maíz	344.4
Cebada	168.2
Sorgo	63.6
Centeno	43.3
Mijo	32.2
Total	1,631.2

Tomado de Bushuk (1986).

embargo, esto depende de varios factores agroclimáticos y del tipo de planta. La eficiencia del fertilizante empleado es generalmente entre 50-60% (algunas veces menor como en el caso del arroz), el resto puede ser fijado en el suelo y así estar disponible para las cosechas subsecuentes o perderse de diferentes maneras.

El trigo responde a la fertilización nitrogenada aumentando el rendimiento; los que están relacionados con los incrementos de nitrógeno que se aplique al suelo. Estos aumentos no son lineales, sino que el rendimiento en trigo sigue diversos patrones; característica que depende del material genético y de las condiciones ambientales (Boyd, 1968).

Estudios recientes demuestran que el rendimiento de trigo así como su contenido y calidad de proteína, están fuertemente influenciados por la interacción entre los factores genéticos y ambientales (Fjell et al, 1984), de tal manera que los cultivos mayor habilidad de absorción, acumulación y translocación de nitrógeno producirán con mayor y mejor cantidad de proteína. La forma tradicional de suministrar nitrógeno a los cultivos es agregando al suelo fertilizantes minerales, pero dada la crisis energética mundial que prevalece actualmente, se deben usar eficientemente (Fried et al, 1976).

El trigo es considerado como el principal cultivo en el Estado de Sonora, tanto por el área sembrada como por el volúmen y valor de su producción, lo cual se ha logrado con alta especialización y tecnificación (SARH, 1982).

La mayor parte de la producción de trigo es transformada en harina, la cual se utiliza para la elaboración de diversos productos alimenticios predominando los de la industria de la panificación. La harina proporciona los componentes que son necesarios para obtener las estructuras físicas necesarias como son la elasticidad, cohesividad de retención de gas, así como el sabor característico del pan de trigo, siendo estos componentes el gluten y almidón. Por lo que los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de la dosis de fertilización nitrogenada (Urea) sobre los aspectos agronómicos, propiedades reológicas y de panificación en dos variedades de trigo; además se realizaron pruebas de calidad protéica in vitro para determinar si los tratamientos aplicados influían en la calidad nutritiva del grano de trigo.

REVISION DE LITERATURA

El origen del trigo se conoce con certeza, aún cuando una buena cantidad de evidencias indican que el trigo se desarrolló en las regiones áridas de Asia Menor. El trigo Emmer, generalmente se considera como uno de los ancestros de los trigos comunes actuales, porque se asemeja estrechamente a las especies silvestres de trigo encontradas en las regiones montañosas de Siria y Palestina (Pomeranz, 1978).

Se clasifica generalmente a los trigos de acuerdo a la especie, tipo comercial y hábito de crecimiento. Existen 16 especies, dos tipos comerciales y tres diferentes hábitos de crecimiento. Dentro del género *Triticum* se reconocen 16 especies de trigo, pero sólo dos de ellas *Triticum aestivum* y *Triticum durum* se cultivan en gran escala.

La característica genética que unifica a todos los miembros del género *Triticum* es que estos tienen 14 cromosomas (7 pares) o un múltiplo de 14 cromosomas, por ejemplo; el trigo Einkorn (*T. monococcum*) tiene 14 cromosomas y se les conoce como diploide porque tiene dos series de 7 cromosomas; el trigo cristalino tiene 28 cromosomas, por lo tanto es tetraploide y el trigo harinero tiene 42 cromosomas siendo hexaploide (Morales, 1985).

Los dos tipos comerciales principales son el trigo

harinero (T. aestivum) y el trigo cristalino (T. durum).

El trigo harinero cubre cerca del 90% del área sembrada de trigo en todo el mundo y produce cerca del 94% de la cosecha total mundial de trigo. El trigo duro, cubre cerca del 5% de la producción mundial de trigo (Hansen, H. 1985).

Producción Mundial de Trigo

Como se ha mencionado anteriormente, el trigo es el cereal más cultivado en el mundo y contribuye en gran medida a solucionar uno de los grandes problemas del hombre como es su alimentación. El trigo tiene también una penetración de importancia en el mercado mundial, mayor que cualquier otro alimento.

En el período de 1957 a 1970, la superficie de trigo sembrado, permaneció casi constante con un promedio de casi 182 millones de hectáreas, mientras que la producción se incrementó de 199 a 339 millones de toneladas por año. De 1971 a 1981 la producción se incrementó más allá de 458 millones de toneladas por año. La República de China, Unión Soviética y Estados Unidos de Norteamérica son los principales productores de trigo (Tabla 2). Es interesante observar como la India, la cual ha estado entre los principales productores por muchos años, ha doblado su producción de trigo en menos de dos décadas, principalmente, como resultado de la introducción de variedades de alto

Tabla 2.- Principales Países Productores de Trigo en
1984-1985

P A I S	10 ⁶ TON.
China	84.0
Rusia	75.0
Comunidad Económica Europea	74.2
Estados Unidos de Norteamérica	70.0
India	44.6
Este de Europa	38.0
● Canadá	21.0
Australia	17.3
Argentina	9.7
Otros	66.6
• Total	500.4

Fuente: USDA-FAS (1984).

rendimiento con respuesta a la fertilización y desarrolladas por el CIMMYT en México. Canadá, Australia y Argentina son productores importantes, debido a que el 75-80% de su producción es exportada a otros países, por lo que contribuyen significativamente con la canasta alimenticia mundial y con su economía (Bushuk, 1986).

Nivel Nacional

En México, la investigación en trigo ha respondido a las metas fijadas desde sus inicios en 1944, de esta forma en los últimos años de investigación ininterrumpida, se ha logrado incrementar la producción nacional de trigo en más de un 400% en base a la formación y empleo de variedades mejoradas (Cárvajal, 1982). El consumo per cápita se incrementó de 22.4 Kg. en 1925 hasta 53.1 Kg. en 1980 (SARH, 1981).

La producción de trigo abarca todo el año dividido en ciclo de primavera-verano y otoño-invierno. Siendo el trigo un cultivo que se realiza principalmente con riego, el ciclo otoño-invierno reviste especial importancia en su producción, de manera que en este período se obtiene casi la totalidad triguera del país.

Las principales áreas trigueras de México son los Estados de Sonora y Sinaloa, en el Noroeste, con 600,000 hectáreas de trigo irrigado. La región del Bajío y



pequeños valles esparcidos en la Meseta Central con 100,000 hectáreas (Hanson, 1984). Durante el ciclo agrícola 83-84, se sembraron en México un total de 961 mil hectáreas de trigo para satisfacer las demandas nacionales de este cereal. Sin embargo, aún no se logra la autosuficiencia, por lo cual existe la necesidad de importar grandes volúmenes (S.A.P.S.E., 1984).

En la Tabla 3 se presenta las estadísticas de producción de trigo en el país.

El Estado de Guanajuato es el principal productor de trigo en la región del Bajío, ya que en el ciclo de invierno 84/85 se sembró un área de 152,624 Ha originando una producción de 858,047 toneladas. De las variedades recomendadas para ese ciclo, la variedad Salamanca S-75 se sembró en un 80% o más del total de la superficie del Estado de Guanajuato (SARH, 1985).

Estructura del Grano de Trigo

Botánicamente el grano de trigo no es considerado una semilla sino una cariopsis, éste es de forma alargada y en su ápice tiene un haz de pequeños filamentos o pelusa. Desde el punto de vista tecnológico, el grano de trigo es dividido en tres distintas partes: el endospermo, germen y salvado; pues esta es la base de todos los métodos para separar y refinar en endospermo para su uso como alimento. Se aprovecha

Tabla 3.- Principales Estados Productores de Trigo en el País, Superficie cosechada y Producción en 1983

Estado	Superficie (Has.)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton.)	Aportación Nacional (%)
Chihuahua	67,251	4.0	279,200	13.0
Baja Calif. Norte	89,003	5.0	449,359	7.9
Guanajuato	92,239	3.8	347,911	10.1
Sinaloa	118,297	3.9	466,562	13.5
Sonora	292,630	4.9	1'430,694	41.0

Fuente: INEGI (1985).

la ligereza y tenacidad del salvado para separarlo del endospermo que es más pesado (Pomeranz, 1978).

a) Pericarpio

Es la parte externa, sirve de cubierta protectora y constituye aproximadamente el 14.0% del grano; está formado por una capa externa y otra interna. La capa externa recibe el nombre de pericarpio y a su vez se compone de la epidermis, epicarpio, células transversales y endocarpio. La capa interna está compuesta por la testa que contiene los pigmentos que dan color rojo a las variedades rojas; el epispermo que es una cubierta delgada y ligeramente coloreada, por último la aleurona constituida por células grandes bien definidas y sin almidón, la aleurona hace contacto con el endospermo.

El pericarpio es removido durante la molienda, sus capas interiores (testa, epispermo, aleurona) se remueve más fácilmente que las exteriores ya que tienen una textura más firme debido a su alto contenido de fibra (Kent, 1984), a esto se le conoce como salvado. El salvado producido por la industria harinera es usado casi completamente para alimentos de animales, pequeñas cantidades son utilizadas para consumo humano principalmente como fuente de fibra dietética.

b) Endospermo

Constituye el 83% del grano de trigo en peso seco,

generalmente existen dos tipos de endospermo, uno llamado endospermo almidonoso que es la fuente principal de harina, el cual normalmente está en el centro; mientras que el otro comunmente llamado endospermo vitreo se encuentra en la capa superior del endospermo, justo debajo de la capa aleurona y sus gránulos de almidón están embebidos en una matriz protéica, además aquí se encuentra materia mineral. Las proteínas de mejor calidad (glúten) se obtienen del endospermo almidonoso (Pomeranz, 1978).

C) Germen

Es la menor parte del grano de trigo, constituye el 2.5% y está situado en la parte inferior del dorso del grano, lo componen la plúmula o punta de tallo; éste se encuentra dentro de una cubierta llamada epitelio, la cual está rodeada de una capa de células epiteliales que forman el escudillo. La otra parte del embrión es la raíz, muy pequeña y que está encerrada en una cubierta. La raíz en su extremo inferior está provista de una cofia o vaina, también encerrada en el escudillo; este segrega las enzimas durante la germinación y lleva durante el crecimiento el material alimenticio del endospermo. El germen contiene proteínas, azúcares y la mayor proporción de aceite del grano. Este es removido junto con el pericarpio en el proceso de molienda del grano de trigo recibiendo el nombre de salvado. En la Fig. 1 se muestra la estructura de un grano de trigo.

TRIGO

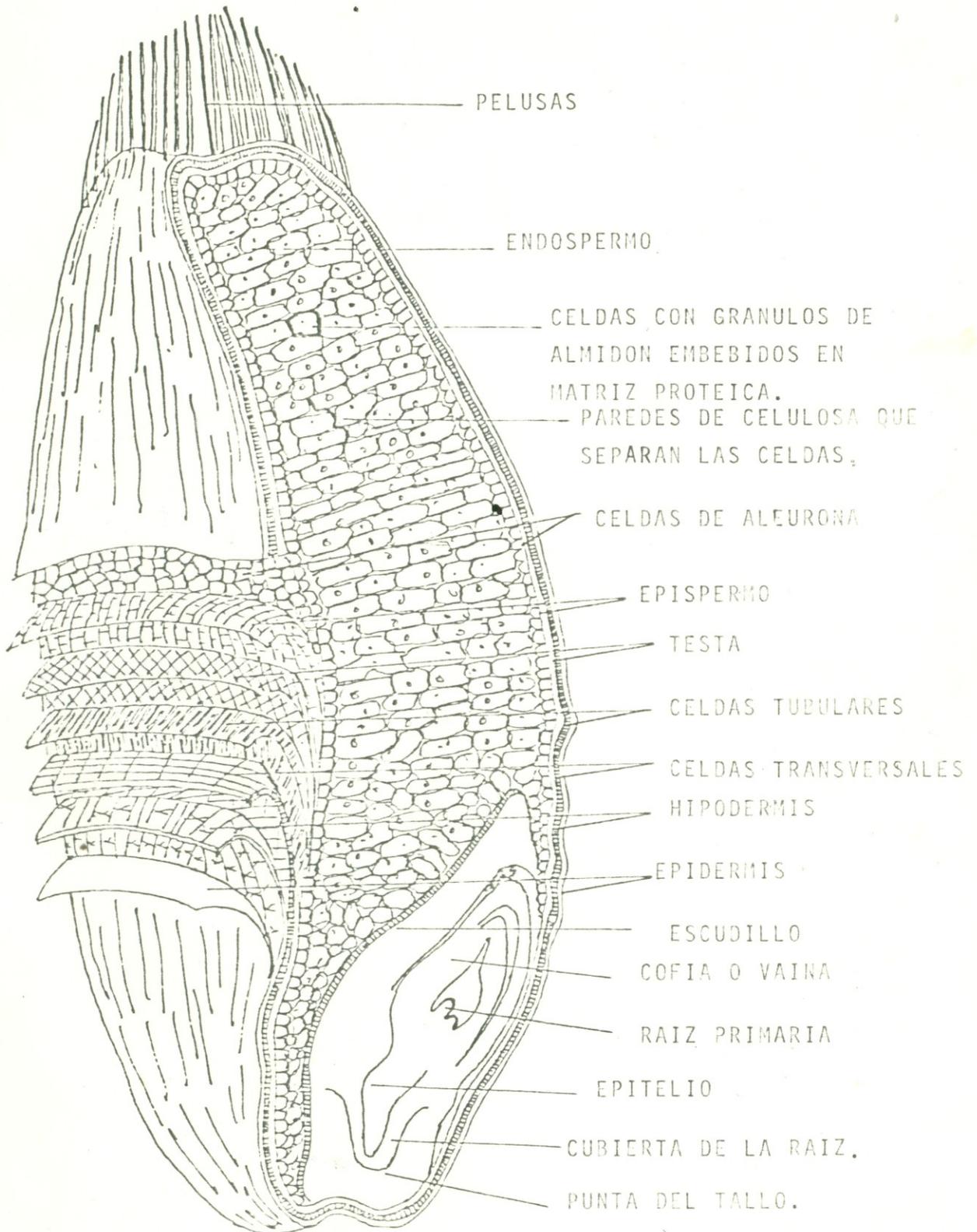


Fig.1.- Estructura del Grano de Trigo.

Composición Química

La composición química del grano de trigo varía más que la de cualquier otro cereal en el contenido de proteína. Por ejemplo, aunque el rango común de proteína es de 8 a 15%, se presentan valores tan bajos como 7% y tan altos como 18%. Los diferentes tejidos del grano varían considerablemente en su composición, (Tabla 4). Los principales factores que originan estas variaciones son diferencias genéticas, condiciones ambientales como temperatura, cantidad de lluvia, tipo de cultivo, características del suelo y fertilización (Inglett, 1974).

Carbohidratos

Los carbohidratos son los constituyentes más abundantes del grano de trigo, representando alrededor del 83% de la materia seca. El almidón es el mayor componente pues forma cerca del 80% del endospermo, otros carbohidratos son aproximadamente 2% pentosanas, 2% azúcares y 0.4% celulosa. El almidón es la principal reserva de carbohidratos en el grano de trigo y se encuentra apostado en las células del endospermo en forma de partículas características llamadas gránulos. Los gránulos de almidón tienen propiedades físicas características que lo hacen importante tecnológica y funcionalmente en procesos como el de panificación. Los gránulos intactos son insolubles en agua, sin embargo cuando se calienta en exceso de agua, los gránulos absorben agua, se hinchan y

Tabla 4.- Composición Química del Grano Entero, Endospermo, Salvado y Germen de Trigo.

Constituyente	Grano (%)	Endospermo (%)	salvado (%)	Germen (%)
Materia Seca	100.0	(82)	(15) ^a	(3) ^a
Carbohidratos	82.7	86.4 (85)	70.0 (13)	50.6 (2)
Proteína	12.7	11.2 (72)	16.7 (20)	32.4 (8)
Grasa	2.5	1.6 (52)	5.4 (32)	11.9 (16)
Minerales	2.0	0.8 (34)	7.4 (58)	5.1 (8)

^aPorcentaje del total en el grano (Bushuk, 1986).

finalmente se desintegran; este proceso es llamado gelatinización. Durante la molienda algunos gránulos sufren daños físicos. Estos gránulos absorben considerablemente más agua que los gránulos normales y son más susceptibles al ataque de las amilasas. Ambas propiedades son importantes para la funcionalidad del almidón en la panificación (Bushuk, 1986; Pomeranz, 1978).

El contenido de almidón del trigo, está en general inversamente relacionado con el contenido de proteína y por lo tanto es mayor en harinas de trigos suaves y menor en las de trigo duro. Además, se incrementa con el grado de refinación de las harinas (Pomeranz, 1978).

Proteínas

Las proteínas son el más importante constituyente del grano de trigo con relación a su principal uso: la panificación. En términos de funciones fisiológicas de la semilla, hay tres tipos de proteínas en el trigo: de almacenamiento, estructurales y metabólicas. Las proteínas de almacenamiento (prolaminas), forman los llamados cuerpos protéicos, que son la principal fuente de nitrógeno durante la germinación de la semilla. La selección de aminoácidos por la planta, para servir con mejor eficiencia como fuente de nitrógeno ha producido una proteína que es única en funcionalidad para panificación aunque de calidad nutricional relativamente baja.

La proteína total del endospermo de trigo puede ser separada en 5 fracciones (Tabla 5) por el método modificado de Osborne de fraccionación por la solubilidad (Chen, 1970). Orth et al (1972) mostraron que la calidad de glutelina soluble estaba relacionada indirectamente con la calidad de panificación y mientras que la cantidad insoluble estaba directamente relacionada.

Las proteínas del endospermo son únicas, debido a su alto contenido de prolaminas y glutelinas, las cuales son las responsables de sus propiedades de panificación. Las otras fracciones de proteínas del endospermo, albúminas y globulinas, son consideradas de origen citoplasmico, ellas contienen todas las enzimas en el endospermo y algunas proteínas inactivas.

Lípidos

El contenido de lípidos en el grano de trigo varía en un rango de 2-4%. Aproximadamente la mitad del total de ellos se encuentran en el germen, una quinta parte en el endospermo y el resto en otras estructuras, principalmente en la capa aleurona.

Dependiendo de la facilidad con la cual sean extraídos con solventes no polares, tales como el n-hexano ellos son clasificados como libres o enlazados. Cada clase se divide en componentes polares y no polares.

Tabla 5.- Fraccionamiento de Proteínas por el Método Osborne Modificado en Endospermo de Trigo Duro Rojo de Primavera.

Solvente	Fracción	Cantidad (%)
Agua	Albúmina	15
NaCl 0.5N	Globulina	5
Etanol 70%	Gliadina	33
Ac. Acético 0.05M	Glutelina soluble	14
	Glutelina insoluble	33

Fuente: Bushuk y Wrigley (1974).



Los lípidos son muy importantes porque al descomponerse originan problemas de rancidez en las harinas; el germen que contiene una gran cantidad de lípidos tiene que eliminarse durante la molienda; además los lípidos del endospermo imparten blandura a los productos de panificación mejorando así la textura (Kent, 1984).

Vitaminas y Minerales

Las vitaminas y minerales forman menos del 1% del endospermo de trigo (1.8% en el grano entero, más de la mitad está presente en el pericaripio, testa y capa aleurona). El mayor constituyente de la fracción mineral son los fosfatos y sulfatos de potasio, magnesio y calcio. Algo de los fosfatos está presente como ácido fítico. Elementos de menor importancia incluyen fierro, manganeso, zinc y cobre. Cantidades trazas de otros elementos han sido detectados en el endospermo del trigo (MacBuster et al, 1971).

- Los datos sobre el contenido de vitaminas en el endospermo de trigo varían ampliamente entre los distintos autores. La contribución precisa de las vitaminas naturales del endospermo del trigo en la calidad nutricional de los productos horneados no ha sido determinada.

El trigo tiene un contenido relativamente alto de tiamina y niacina comparado con otros cereales, las cuales se pierden en el proceso de molienda. En las prácticas de

molienda, la harina es generalmente enriquecida con vitaminas hasta los niveles contenidos en el trigo entero (Kent, 1984).

Propiedades Reológicas de las Harinas

Las propiedades reológicas que las harinas de trigo poseen se derivan de las características químicas del grano de que provienen. La harina de trigo es la única que puede formar una masa capaz de retener el gas producido durante la fermentación y durante el horneado. Estas propiedades son impartidas por sus componentes, principalmente las proteínas del glúten, que son las que determinan el comportamiento reológico durante el amasado y procesamiento final (Campbell, 1972; Finney, 1978; Pyler, 1973).

Normalmente se ha aceptado que las propiedades mecánicas o reológicas de la masa juegan un papel importante en la calidad de los productos finales. Cuando una harina es reciente, tiene la particularidad de mejorar su calidad de panificación a medida que transcurre el tiempo, pero hay un límite después del cual no se puede lograr una mayor mejoría pudiendo en cambio existir una disminución de las cualidades logradas. Durante este período que se conoce como maduración, la harina adquiere sus características reológicas superiores, las que hacen posible obtener productos de buena calidad (Christensen, 1974).

Las propiedades reológicas de las harinas son de gran importancia para la industria panadera, y su conocimiento, conduce a la obtención de productos cuya calidad puede controlarse durante su procesamiento. La capacidad de absorción de agua de las harinas, es un factor importante para la producción de pan, debido a que está estrechamente relacionada con la producción de éste.

La harina que ha absorbido un volumen adecuado de agua para formar la masa, requiere de un mezclado óptimo que le confiera las propiedades que determinan su potencial de panificación. Estos parámetros al igual que la resistencia al amasado y la estabilidad a él, pueden ser medidos por medio de farinógrafo Brabender. Además, el comportamiento de la masa durante la panificación puede predecirse mediante el alveógrafo de Chopin, el cual simula la producción de gas, por las levaduras durante este proceso (Deman, 1976).

Hay también sustancias de estructura y composición más simple, llamadas proteasas y peptonas que son utilizadas por la levadura como alimento.

Las proteínas insolubles constituyen el glúten, que se puede separar por lavado de cualquier tipo de harina de trigo, considera que el glúten está compuesto por gliadina, globulina, glutelina y pequeñas cantidades de aceite, fibra

y sales minerales (Bennion, 1967).

El glúten se forma únicamente cuando se agrega agua a la harina y se obtiene una masa elástica, que contiene cerca del 80% de la proteína total y es lo que determina las propiedades funcionales de la harina. Muchos factores afectan la cantidad y calidad del gluten obtenidos mecánicamente, éstos incluyen el uso particular de la harina empleada, la temperatura y la concentración de sal usada en la solución de lavado (Dill et al, 1924; Fisher et al, 1936).

Las dos proteínas más importantes del gluten, son la gliadina y la glutelina. Se considera que la gliadina le confiere al gluten la pasticidad y elasticidad; mientras que la glutelina se encarga de la estructura. Cuando mayor es la cantidad de gliadina, más blando es el glúten.

a) Efecto de los Componentes Sobre las Propiedades Reológicas

Como se ha descrito anteriormente, la masa deriva sus propiedades de sus componentes, principalmente de las proteínas del gluten: gliadina y glutelina. Estas proteínas se encuentran en grandes cantidades y la interacción que existe entre ellas, al ser mezcladas con el agua, hacen que se vuelva insoluble. Esto explica la razón por la cual el gluten forma un sistema viscoelástico y cohesivo por la tendencia de sus proteínas a asociarse unas con otras por

numerosos puentes de hidrógeno y disulfuros (Inglett, 1974).

Lee y McRitchie (1971) demostraron que una harina que posee proteínas de bajo peso molecular (gliadinas) en el gluten es más débil y extensible; mientras que un incremento en las proteínas de alto peso molecular (glutelinas) imparte resistencia y extensión, contribuyendo de esta manera a la fuerza total. Hoseney et al (1969) demostraron que las gliadinas eran las responsables de la retención de gas durante la panificación, y que las glutelinas son las que determinan los requerimientos de mezclado de la masa de harina de trigo.

Fertilizantes

Los suelos agrícolas del mundo son deficientes en nitrógeno debido a que este elemento es más removido que la cantidad que es suministrada. Aún cuando la disponibilidad de nitrógeno sea el factor más determinante en la productividad de la cosecha, es imperativo que se mantenga la fertilización nitrogenada del suelo, lo cual se logra esparciendo millones de toneladas de fertilizante que es manufacturado a altos costos. En 1939 se emplearon mundialmente 9 millones de nutrientes en los cultivos, mientras que en 1970 se utilizaron 7 veces más esa cantidad (Cooke 1983). Los requerimientos de fertilizantes se espera que incrementen debido (esto principalmente) a la demanda de

mayor cantidad de alimentos por el gran aumento de la población mundial. Esto ocurre actualmente en los países desarrollados.

Los desperdicios de las cosechas como paja y vegetación natural y excrementos de animales se ha utilizado durante milenios para abonar tierras de cultivos, estos eran los únicos fertilizantes utilizados hasta que a principios del siglo XIX se empezaron a emplear nitrato de sodio y guano, procedentes de depósitos naturales y huesos. Cuando los huesos se disuelven en ácido sulfúrico, el fosfato de calcio que contienen se vuelve soluble en agua y forma el superfosfato, esto se desarrolló en 1840 y con ello se sentaron las bases de la industria de los fertilizantes químicos. Los fertilizantes químicos tienen una función única: aportan nutrientes extra e independizan a los agricultores de las provisiones de estos en sus terrenos. Los nutrientes se dividen en dos grupos: nutrientes principales que se necesitan en cantidades que van de unos cuantos kilos a cientos de kilos por hectárea como nitrógeno, fósforo y potasio, así como los nutrientes menores, tan esenciales como los primeros pero que se requieren en proporciones que varían en un rango de unos cuantos gramos por hectárea, tales como calcio, magnesio y azufre. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son los tres elementos que más usualmente se venden como fertilizantes, y su contenido se expresa como % de N,

% de P_2O_5 y % de K_2O (FAO, 1970), se conocen como fertilizantes nitrogenados, fosfáticos y potásicos respectivamente.

En los fertilizantes nitrogenados, el nitrógeno inorgánico puede presentarse en tres formas:

- a) Nitratos que proporcionan iones NO_3^-
- b) Sales de amonio que aportan iones NH_4^+
- c) Amidas simples, que son sales ionizables, pero que contienen nitrógeno en la forma $-NH_2$ ó formas derivadas de este grupo.

Las plantas absorben iones tanto de amonio como de nitrato, excepto en suelos muy ácidos, pues aquí las plantas adaptadas a estas condiciones pueden absorber mucho amonio. Las amidas simples como la urea ($CO(NH_2)_2$), que es altamente soluble en agua contiene alrededor de 46% de N. La urea cristalina es higroscópica y difícil de manejar, pero se puede preparar en gránulos o perdigones que se esparcen satisfactoriamente. En el suelo, a la urea la convierte con rapidez una enzima, la ureasa, en carbonato de amonio, el cual es inestable y genera amoniaco libre. Si ese cambio efectúa en o cerca de la superficie del suelo, se puede perder amoniaco en la atmósfera y el fertilizante resulta ineficiente y si ocurre cerca de las semillas en germinación o de las areas de plantas jóvenes, el cultivo puede dañarse

por las concentraciones elevadas de amoníaco (Widdowson, 1969).

Existen además, fertilizantes nitrogenados líquidos que se inyectan bajo presión al suelo antes de la siembra o se usan en aplicaciones de cobertura a cultivos en surcos ya establecidos. Si se les coloca cerca de las plantas resultan tóxicos; solo las soluciones que no están a presión son adecuadas para aplicarse a cultivos establecidos. Se han realizado investigaciones para compararlos con los fertilizantes sólidos en cuanto a rendimiento y se han obtenido similares (Cooke, 1980). Cuando ambos contienen cantidades iguales de N en la misma forma; por ejemplo, el amoníaco anhidro ha resultado ser tan eficiente como el nitrato de amonio cuando se inyecta en primavera a trigo sembrado en invierno con resultados tan buenos o superiores que con fertilizantes nitrogenados sólidos (Tomlinson, 1970).

• Existe en la actualidad un producto conocido como fertilizante foliar, debido a que éste se aplica cuando las semillas ya han germinado y las plantas en general se encuentran raquílicas con un color amarillento pálido, con un crecimiento retardado y mal desarrolladas. En este caso la nutrición de las plantas es a través de las hojas y constituyen una manera rápida para el abastecimiento de nutrientes el cual ayuda a completar la fertilización del

suelo que ha sido insuficiente (ICI, 1985). En la Tabla 6, se presentan las cantidades de fertilizantes utilizados en Sonora de 1980 a 1984.

Muchos estudios se han realizado sobre las interacciones de nitrógeno consumido por la planta, rendimiento del grano, concentración de nitrógeno en el grano de trigo en otros países (Benzian and Lane, 1981, Benzian, 1983), ellos han publicado que la disminución del rendimiento es causado por la deficiencia del nitrógeno en el suelo o por condiciones que impiden que este sea absorbido en las proporciones que se requieren para un máximo crecimiento. Black Low (1982) y Fried et al (1975) han medido el nitrógeno tomado por la planta de trigo empleando fertilizante con N ¹⁵ isotópico para conocer cual es la principal fuente de este nutriente, si el suelo o el fertilizante agregado.

En los primeros años posteriores a la segunda guerra mundial, los científicos trataron de elevar los rendimientos de trigo mediante la aplicación de fertilizantes, pero los resultados no fueron tan favorables como se esperaban. La aplicación de nitrógeno a las plantas altas hacia que éstas crecieran aún más y produjeren más follaje, además de la tendencia al acame disminuían más los rendimientos. La fertilización de las plantas altas traía como resultado la aparición de un mayor número de macollos (Tallos secun-

Tabla 6.- Consumo de Fertilizantes en Estado de Sonora en los años de 1980-1984*

PRODUCTO	AÑO				
	1980	1981	1982	1983	1984
Amoniaco Anhidro	77.6	67.4	63.1	62.9	76.9
Urea	37.9	51.3	71.4	70.5	82.9
Nitrato de Amonio	0.8	1.0	1.8	0.5	0.8
Sulfato de Amonio	3.2	6.6	9.3	11.5	12.1
Superfosfato Triple	5.3	9.6	18.2	19.4	24.0
Fosfato Amoniaco	8.2	10.9	12.2	8.0	8.9
Triple 17	3.0	3.1	3.8	5.7	6.6

Fuente: Fomento Agropecuario del Estado (1985)

* Miles de Toneladas.

darios), una densidad mayor de población y condiciones favorables al desarrollo de enfermedades, especialmente de las royas.

En los años recientes, los fitomejoradores han desarrollado nuevos trigos de paja más corta, de mayor rendimiento, con mayor respuesta a la aplicación de fertilizante, más resistentes a las enfermedades y más precoces en su madurez, así como tecnologías más apropiadas para la producción de nuevos trigos (CIMMYT, 1976).

Los requerimientos nutricionales de la planta de trigo han sido estudiados por varios autores. Schoenberger (1981) menciona que los requerimientos totales de nitrógeno son 390 Kg/ha distribuidos en las diferentes fases de desarrollo de la planta.

Laloux et al (1980), del Instituto Internacional de la Potasa (1980) y Rodríguez (1982) reportan resultados similares en cuanto a la aplicación de fertilizante nitrogenado en estas etapas para incrementar rendimiento, sólo que en cantidades distintas a las descritas por Schoenberger. Estos autores señalan que la dosificación de nitrógeno dependerá del factor agua y de los nitratos existentes en el suelo. Si el cultivo anterior fué esquilante como el maíz, la dosis aumentará, mientras que si proviene de uno

de soya o de otra leguminosa que aporten nitrógeno la dosis disminuye hasta en un 40-45%. Torres (1980) encontró que bajo la rotación soya-trigo la dosis óptima de nitrógeno se redujo a 160 Kg N/ha en el Valle del Yaqui, Sonora. Moreno (1982) bajo la rotación trigo-trigo encontró que la aplicación de nitrógeno estuvo fuertemente asociada con un incremento de 26.5 de grano/ha por Kg de nitrógeno aplicado al suelo. Baghott and Puri (1979), mencionan que con 270 Kg de nitrógeno/ha y 180 Kg de nitrógeno/ha para trigos duros y harineros respectivamente se obtuvieron los máximos rendimientos. Resultados opuestos a estos fueron reportados por Blum et al (1980), ellos requirieron más nitrógeno (180 Kg de nitrógeno/ha) para producir máximos rendimientos que las variedades de trigo duro (60 Kg de nitrógeno/ha).

MATERIALES Y METODOS

El estudio agronómico se efectuó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad de Sonora, situado en el Km 21 de la carretera Hermosillo-Bahía Kino. Los análisis físicos químicos, reológicos y las pruebas de panificación se realizaron en los laboratorios del Centro Coordinador de la Investigación Sección Alimentos de la misma Institución.

Prácticas Culturales

El terreno se preparó con las técnicas agrícolas usuales del Estado de Sonora, las cuales se describen a continuación:

- a) Barbecho.- Esta operación se hizo con el objeto de romper y voltear la capa arable del suelo. Además facilita la penetración del aire, agua y raíces al suelo y adicionalmente se destruyen una buena cantidad de malezas, insectos y otros organismos, utilizandose un tractor equipado con un arado de discos.
- b) Rastreo.- La función del rastreo es desmenuzar los terrones que quedan después del barbecho, esta facilita la siembra y propicia una mejor emergencia de las plantas. Se hizo con 2 rastreos cruzados a una profundidad de 10 a 12 cm.
- c) Surcado.- Se realizó por medio de vertederas a 30 cm. de separación y orientados de Norte a Sur, después los surcos se levantaron con azadores 5 cm. más.

En las orillas de cada parcela se hicieron bordes de contención para evitar que el fertilizante fluyera a las parcelas vecinas.

- d) Nivelación.- Esta operación se hizo para lograr una distribución uniforme de la semilla y establecer una población óptima de plantas, además se facilitan los riegos y la distribución de la humedad. Se realizaron con dos pasos de un tablón en forma cruzada.
- e) Siembra.- Se utilizaron 2 variedades de trigo: Salamanca S-75 y Celaya F-81, las cuales fueron proporcionadas por el CINVESTAV-IPN Unidad Irapuato. Estas variedades son las más ampliamente cultivadas en la región del Bajío. La siembra se realizó manualmente y en húmedo a una profundidad de 5-6 cm, colocando 22.6 gr de semilla de trigo variedad Salamanca y 19.9 gr de la variedad Celaya por surco, equivalente a una densidad de siembra de 130 kg/ha.
- f) Fertilización.- La fertilización fué en banda, utilizando urea comercial (46% de N_2), por ser el de mayor disponibilidad y de los más utilizados en el Estado de Sonora (Tabla 1). Se aplicaron 3 dosis de fertilizante a cada variedad de trigo, estas fueron 0, 120 y 240 Kg de N_2 /ha aplicando la mitad a la siembra y el resto 35 días después durante el segundo riego. Todos los tratamientos recibieron 40 Kg de fósforo (P_2O_5)/ha y 700 gr de superfosfato triple de acuerdo a las recomendaciones de SARH (1984).

- g) Riegos.- Los riegos se dieron de acuerdo al desarrollo fenológico de la planta, aplicando un total de 5 riegos, (Tabla 7).
- h) Altura de la planta.- Se midió la altura de las plantas de trigo a los 37 y 120 días después de la fecha de siembra tomando 4 plantas al azar por parcela.
- i) Cosecha.- El trigo se cortó manualmente con una hoz, tomando 4m^2 al azar en cada parcela y eliminando unos 30 cm por cada orilla. La trilla se hizo mecánicamente con una cosechadora experimental.

Diseño Experimental

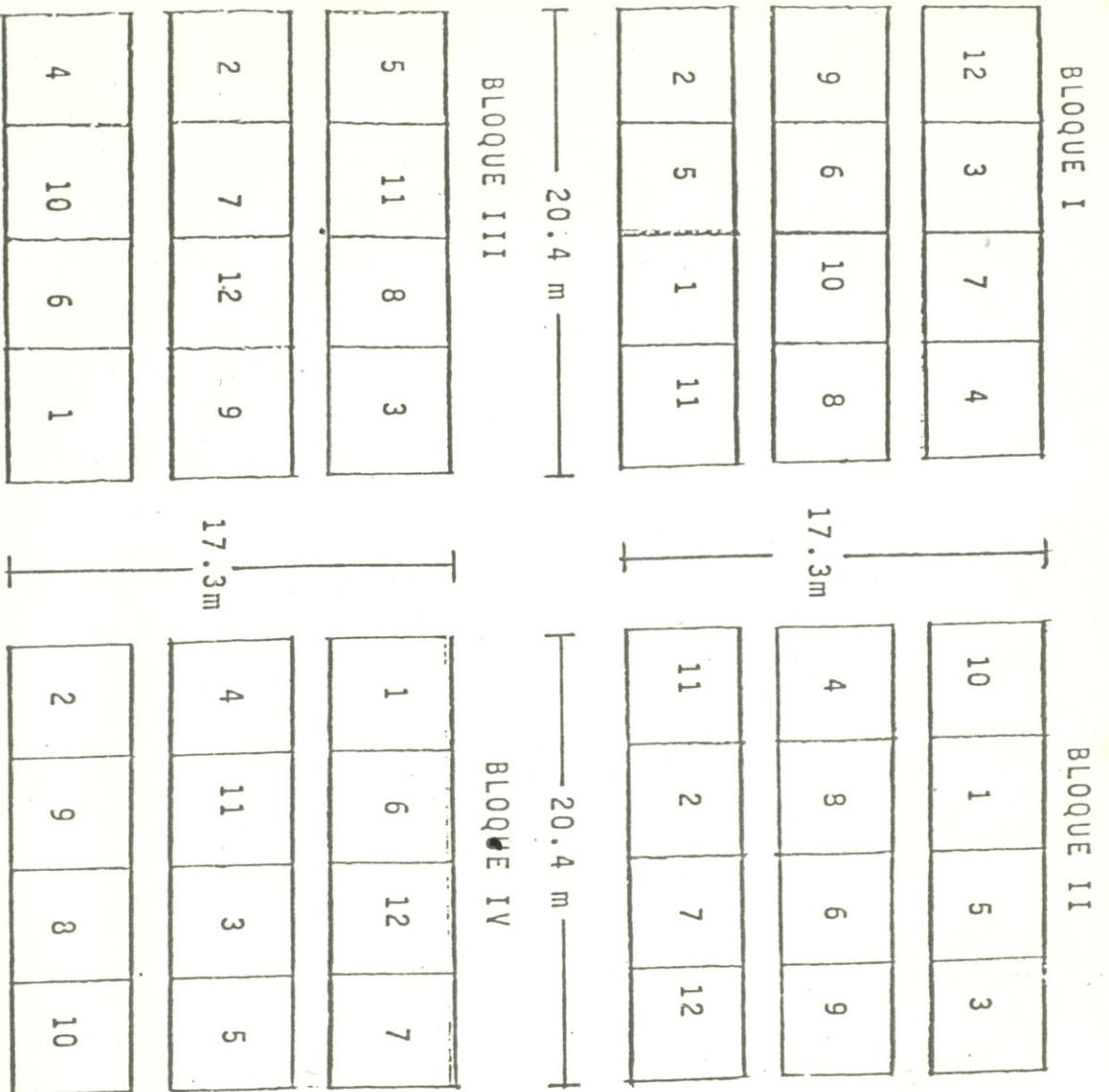
Se utilizó un diseño bifactorial, donde el factor A fueron las variedades con 2 niveles (Salamanca y Celaya) y el factor B las dosis de fertilizante con 3 niveles 0, 120 y 240 Kg de N_2/Ha). Se hicieron 4 repeticiones por tratamiento distribuidos en bloques al azar como se muestra en la Fig. 2. La superficie de cada parcela experimental fue de 26 m^2 , la superficie de parcela de rendimiento de 16 m^2 , el área total del experimento fueron 1260 m^2 . Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y se utilizó la prueba de Duncan para determinar diferencias entre los tratamientos.

Análisis de Suelos

Inmediatamente después del surcado de las parcelas, se tomaron muestras de suelo para determinar su contenido de

Tabla 7.- Calendario de Riegos para el Area Experimental de Siembra de las Dos Variedades de Trigo.

Riegos	Intervalo (días)	lámينا (cm)	Fase de desarrollo
Presiembra	-----	20	-----
1° de auxilio	45 (después de 1a siembra)	10	Amacollamiento
2° de auxilio	25	10	Hoja bandera
3° de auxilio	20	10	Inicio de formación de grano
4° de auxilio	<u>15</u>	<u>10</u>	Grano lechoso
T O T A L	105	60	



Número	Variedad	Kg	Nz/Ha
1,2	Salamanca	0	
3,4	Salamanca	120	
5,6	Salamanca	240	
7,8	Celaya	0	
9,10	Celaya	120	
11,12	Celaya	240	

Fig. 2.- Distribución y Relación de Tratamientos de Fertilización en el Campo.

NO_3^- , P_2O_4^- , SO_4^- , CO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , pH, conductividad eléctrica y térmica, suma de aniones y cationes así como la textura del suelo. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de Edafología de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, siguiendo los métodos propuestos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, 1961).

Análisis Físico

El grano de trigo se limpió con ayuda de un equipo Labofix para eliminar grano quebrado, polvo y otras impurezas, posteriormente se determinó el peso de 1000 granos, peso hectolítrico y el porcentaje de germinación del grano siguiendo los estándares oficiales propuestas por la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, 1966). Estas pruebas son consideradas como criterios para determinar la calidad física del trigo y por lo tanto del uso final de este grano. El rendimiento de grano por hectárea se calculó en base a la parcela útil (16 m^2).

Análisis Químico

El grano de trigo se acondicionó a un 14% de humedad de acuerdo con la técnica propuesta por Adams et al (1978). La molienda se realizó en un molino experimental Brabender modelo Quadrumat Senior. Se determinó el rendimiento de harina y salvado obtenidos a partir de la cantidad de grano

utilizado, siguiendo el método 26-21 de la AACC (1976).

Se hizo un análisis proximal en harina integral y en harina blanca, utilizando para la determinación de humedad el método 44-20, grasas el 30-20, proteínas el 46-12 y cenizas el 08-03 de la AACC (1976) y fósforo por el Método 2.020 de la AOAC (1984).

Se determinó el número de caída el cual da una indicación de la actividad de amilasa con el Falling Number modelo 1600 siguiendo el método 56-81A de la AACC (1976).

La cantidad de gluten se determinó con el Glutomatic Modelo 2100 de Falling Number de acuerdo con la técnica propuesta por el diseñador, modificando el paso de centrifugación para obtener el gluten húmedo por lo que el gluten se colocó en un platillo de aluminio tarado y se dejó reposar en la estufa toda la noche a 60-65°C, reportándose como gluten seco.

La composición de aminoácidos se determinó con un equipo Beckman 120C. Las muestras de harina se hidrolizaron por 24 horas con HCl 6N. Posteriormente las muestras se evaporaron hasta sequedad y se lavaron con agua destilada. Finalmente se diluyeron con buffer de citrato (pH 2.2) y se corrieron a través de una columna de intercambio iónico (Spackman et al, 1958).

Análisis Reológicos

A las harinas se les hicieron pruebas reológicas para conocer su calidad panadera como son: Alveogramas de acuerdo al método estándar de Chopin (1978), Amilogramas por el Método de la AACC (1980) y Farinogramas por el método 54-28A de la AACC (1976).

Pruebas de Panificación

Se elaboraron panes a partir de 100 gr de harina siguiendo el método 10-10 de la AACC (1976), el volumen se midió por medio de la técnica de desplazamiento de semilla colza. También se hizo una evaluación subjetiva de las características externas e internas del pan.

Análisis Nutricional

Se realizó un análisis de digestibilidad de la proteína in vitro empleando el método Hsu et al (1977). El método consiste en la incubación de la proteína muestra con tripsina de páncreas porcino tipo IX, peptidasa de mucosa intestinal de porcino y α -quimotripsina de páncreas bovino tipo II. El grado de digestibilidad es proporcional a la caída o disminución del pH después de 10 minutos de iniciada la hidrólisis. El porcentaje de digestibilidad se calculó con la ecuación $\%D=210.46-18.1$ (pH después de 10 minutos de hidrólisis).

RESULTADOS Y DISCUSION

Aspectos Agronómicos

Los resultados de los análisis realizados en las muestras de suelos se presentan en la Tabla 8. Se observa que la mayoría de los elementos se encuentran homogéneamente distribuidos en toda el área experimental. El elemento nitrógeno, que es el factor de estudio en este experimento se encontró en cantidades muy similares en todas las parcelas, lo que nos indica que la presencia de este importante elemento en el suelo fué muy homogénea. El único elemento que estaba en diferentes proporción fué el fósforo, el cual es el que se presenta en general con mayor variabilidad e indisponibilidad en los suelos. De acuerdo con estos resultados, se considera que el suelo de experimentación no presentó problemas de sodicidad ni salinidad. El suelo presentó un pH ligeramente alcalino, lo cual es típico en la región de la Costa de Hermosillo.

En la Tabla 9, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas agronómicas realizadas en ambas variedades de trigo. La altura de las plantas medida a los 37 y 120 días, se vió claramente afectada por la dosis de fertilización nitrogenada, siendo las de menor altura aquellas plantas a las que no se les adicionó fertilizante.

Las plantas que recibieron 120 y 240 Kg de Nitrógeno/ha

Tabla 8.- Resultado del Análisis del Suelo del Campo Experimental

Trigo	Kg N ₂ /ha	Saturación	NO ₃ ^{-2a}	P ₂ O ₄ ^{=2a}	HCO ₃ ^{-*}	Cl ^{-*}	Ca ^{++*}	Mg ⁺⁺ +Ca ^{++*}	Na ⁺ *	pH	C.E. ^b	Aniones	Cationes
Salamanca	0	33.3	0.78	1.5	1.4	0.3	0.25	0.43	4.5	7.5	0.54	5.4	
Salamanca	120	33.3	0.76	1.5	1.4	0.35	0.25	0.38	3.6	7.5	0.56	5.6	
Salamanca	240	33.5	0.76	4.3	1.3	0.4	0.2	0.35	4.5	7.4	0.63	6.3	
Celaya	0	33.5	0.77	4.6	1.6	0.35	0.3	0.43	4.2	7.5	0.58	5.8	
Celaya	120	33.5	0.75	3.8	1.3	0.4	0.35	0.48	4.2	7.5	0.65	5.6	
Celaya	240	33.5	0.77	1.9	1.4	0.35	0.35	0.43	3.7	7.5	0.61	6.1	

a= ppm

b= milimhos/cm

* meq/1t

Tabla 9.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en las Características Agronómicas de los Trigos Variedades Celaya y Salamanca^a.

Variedad	Nitrógeno/Ha (Kg)	Altura (cm)		Rendimiento de Grano Kg/Ha	Peso Hectolítrico (Kg/HL)	Peso de 1000 granos	% Germi- nación	Prueba de Extracción
		37 días	120					
Salamanca	0	16.4 ^b	61.1 ^a	1506.4 ^a	78.67 ^a	48.6 ^a	93 ^a	62.9 ^b
Salamanca	120	24.4 ^b	84 ^b	4813.7 ^b	79.03 ^b	54.4 ^b	90 ^b	63.5 ^b
Salamanca	240	25.0 ^b	85.1 ^b	5117.4 ^b	80.45 ^b	55.4 ^b	92 ^b	63.5 ^b
Celaya	0	19.6 ^a	66.6 ^a	1436.9 ^a	79.37 ^a	47.6 ^b	95 ^c	72.0 ^a
Celaya	120	26.3 ^b	86.4 ^b	4950.6 ^b	79.66 ^b	47.6 ^b	88 ^d	69.9 ^a
Celaya	240	27.5 ^b	88.7 ^b	5157.3 ^b	80.05 ^b	47.8 ^b	87 ^d	64.4 ^c

^a Medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

fueron significativamente ($P < 0.05$) más altas. Al realizar las pruebas de comparaciones múltiples de Duncan, se encontró que estas 2 dosis de fertilización son iguales estadísticamente ($p > 0.05$), no ocurriendo lo mismo para la dosis sin fertilizante. Algunos autores como Torres (1980), Moreno (1982), Barba (1986), han reportado resultados con un patrón similar a los que aquí encontrados, pero en otras variedades de trigo.

La fertilización nitrogenada hizo que se triplicaran los rendimientos de trigo al compararse con el tratamiento sin fertilizante (Tabla 9). Estadísticamente, los rendimientos de trigo sembrados con las dosis de 120 y 240 Kg de N_2 /ha fueron iguales ($P > 0.05$). Ambos tratamientos fueron significativamente mayores que la dosis sin fertilizante. Los rendimientos de las variedades aquí estudiadas y con las dosis de 120 y 240 Kg de N_2 /ha. fueron similares al rendimiento promedio de las siembras comerciales del Estado de Sonora, como se observa en la Tabla 4. Esto es muy importante, debido a que estas variedades son originarias de la Región del Bajío. Barba (1986), reportó hasta 8 toneladas/ha en esa región, empleando las mismas variedades y dosis de fertilizante aquí utilizadas, esto nos indica que estos trigos no están adaptados a las condiciones de Sonora. Abrol et al (1971), Fjell et al (1984), Benzian y Lane (1981), Piech y Lebiecz (1979), Kim et al (1980), Baghot y Puri (1979) entre otros, han reportado que al aumentar la fertilización nitrogenada se incrementan los rendimientos, pero se tiene

un punto de máximo rendimiento, el cual varía en magnitud dependiendo de factores como el tipo de suelo, cultivo anterior y condiciones climáticas.

La dosis de fertilización no afectó el peso hectolítrico del grano de ambas variedades; sin embargo, Shoenberger (1980); Benzian y Lane (1981); Blum et al (1981) han reportado que éste disminuye por efecto de la fertilización nitrogenada en variedades diferentes a las aquí estudiadas y en otras regiones del mundo.

Para la prueba de peso de 1000 granos, se encontró que en la variedad Salamanca hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tratamiento sin fertilizante y la dosis de 120 y 240 Kg de N_2 /ha, siendo estas últimas iguales estadísticamente ($p > 0.05$). La fertilización nitrogenada no afectó ($p > 0.05$) esta propiedad en la variedad Celaya.

Los porcentajes de germinación en ambas variedades son bastante aceptables ($\approx 90\%$), pero en los granos de trigo de la variedad Celaya con 120 y 240 Kg N_2 /ha, la germinación se disminuyó en un 8% con respecto al tratamiento sin fertilizar.

En la prueba de rendimiento de harinas, la respuesta fué muy variable entre las variedades. La variedad Salamanca presentó valores de extracción estadísticamente iguales

($P > 0.05$) y menores que los obtenidos para la variedad Celaya. La dosis de fertilización nitrogenada de 120 y 240 Kg H_2 /ha aparentemente hizo que los rendimientos de harina bajaran, dado que el tratamiento sin fertilizante mostró valores significativamente mayores ($p < 0.05$). La variedad Celaya presentó rendimientos más altos que la variedad Salamanca. Esta diferencia se puede atribuir a las distintas texturas del endospermo de los granos, siendo la variedad Salamanca de textura más suave y por lo tanto, más susceptible a la no molienda gradual debido a rompimiento de varias estructuras al mismo tiempo. Es conveniente realizar esta prueba en 3 diferentes molinos como son quadrumat Senior y tipo Buhler para determinar así, si en ambos molinos la extracción de harina sigue el mismo comportamiento.

Aspectos Químicos y Reológicos

Los resultados que se obtuvieron del análisis proximal del grano entero y de las harinas se presenta en la Tabla 10. Puede observarse que en ambas variedades, el contenido de proteína se incrementó al ir aumentando la dosis de fertilizante. Muchos investigadores han reportado esto; Pelikan et al (1979), Singh and Mahatims (1979); Spratt (1979); Kosmolak and Crowle (1980), Abrol et al (1971), Benzian and Lane (1981), Dubetz et al (1979), Fjell et al (1984) entre otros,

Tabla 10.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Análisis Químico Proximal en Trigo Variedades Celaya y Salamanca

Variedad	Kg de N ₂ por Ha	Grano Entero (%) ^a				Harina (%) ^a					
		Grasa	Proteína (Nx5.7)	Cenizas	ELN**	Fósforo*	Grasa	Proteína	Cenizas	ELN**	Fósforo*
Salamanca	0	4.5	10.8	2.0	69.8	2.3	0.75	11.4	0.5	75.5	0.9
	120	3.3	13.6	1.5	69.6	1.9	0.73	15.1	0.4	71.5	0.8
	240	1.5	15.3	1.6	69.3	1.5	0.63	18.3	0.3	68.5	0.8
Celaya	0	1.7	12.9	1.9	69.7	2.4	1.05	15.4	0.6	69.2	1.1
	120	1.9	15.8	1.5	68.0	2.2	0.67	18.1	0.5	68.1	0.9
	240	2.1	17.0	1.4	67.0	1.9	0.43	19.6	0.5	67.0	0.8

^a Expresado en base seca

* Fósforo en mg/gr

** ELN = Extracto Libre de Nitrogeno

El aumento en el contenido protéico se vió claramente reflejado en la composición de aminoácidos (Tabla 11). Los aminonácidos que se ven más incrementados por efecto de la fertilización nitrogenada en ambas variedades de trigo son, el ácido glutámico y la prolina principalmente. De acuerdo Paredes-López et al (1986), Mitra et al (1979), la mayor fracción protéica del endospermo, las prolaminas, son de mínimo costo para la planta en términos de energía. Esto hace que para la planta, sea energéticamente más ventajoso almacenar el nitrógeno disponible en forma de ácido glutámico de su amida que en los 8 aminoácidos esenciales. Esto concuerda con los resultados de aminoácidos aquí reportados.

En la Tabla 12, se muestran los valores de la prueba de viscosidad realizada en el viscoamilógrafo de Brabender. La temperatura al pico máximo de viscosidad del almidón fué muy similar ($P > 0.05$) en todas las dosis de fertilización y para ambas variedades. El pico de máxima viscosidad fué distinto en todos los casos, existiendo una relación inversa entre el nivel de fertilización y viscosidad para la variedad Salamanca. Para la variedad Celaya los resultados fueron variables y no mostraron un patrón definido. Barba (1986), trabajando con las mismas variedades y dosis de fertilizante, encontró similitud en la temperatura al pico máximo de viscosidad, pero sus valores de viscosidad para ambas variedades

Tabla 11.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en la Composición de Aminoácidos en Trigo Variedad Celaya y Salamanca

	Tratamiento						
	Salamanca			(KgN ₂ /ha)	Celaya		
Aminoácidos ^a							
Esenciales	0	120	240		0	120	240
Arginina	3.4	2.9	2.8		3.1	2.9	2.4
Histidina	2.1	1.7	1.8		2.0	1.7	1.5
Isoleucina	3.0	2.8	2.7		3.0	2.8	2.8
Leucina	5.4	5.2	5.1		5.6	5.1	5.1
Lisina	2.3	1.7	1.7		1.9	1.6	1.4
Metionina	1.7	1.5	1.4		1.5	1.5	1.4
Fenilalanina	3.5	3.6	3.5		3.9	3.5	3.6
Treonina	2.3	2.1	2.0		2.2	2.0	2.0
Valina	3.4	3.2	3.1		3.7	3.2	2.6
Tirosina	2.4	2.4	2.3		2.6	2.4	2.4
No Esenciales							
Alanina	2.4	2.2	2.1		2.4	2.1	2.1
Aspártico	3.3	2.9	2.8		3.2	2.9	2.9
Glutámico	24.6	25.9	25.7		28.2	25.4	26.3
Glicina	3.0	2.7	2.6		2.9	2.6	2.7
Prolina	8.1	8.7	8.2		9.2	8.2	8.3
Serina	3.7	3.6	3.6		3.8	3.4	3.5

^a Expresados como gr/100gr de proteína. Cisteína y Triptófano no se determinaron.

Tabla 12.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en las Propiedades Viscoami-
lográficas Número de Caída y Gluten en Trigos Celaya y Salamanca¹.

Variedad	Nitrógeno/ha (Kg)	Pico Máximo de Viscosidad*	Temp. °C	Número de Caída (Seg)	Gluten Seco (%)
Salamanca	0	1625 ^a	90.6 ^a	328.0 ^a	10.50 ^a
Salamanca	120	1593 ^a	89.8 ^a	290.0 ^b	14.5 ^b
Salamanca	240	1337 ^c	89.70 ^a	286.0 ^c	16.4 ^c
Celaya	0	1504 ^d	89.3 ^a	426.0 ^d	12.6 ^a
Celaya	120	1946 ^e	89.0 ^a	414.0 ^e	14.0 ^b
Celaya	240	1668 ^a	91.6 ^b	408.0 ^f	17.4 ^d

* Unidades Brabender

¹Medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

siguieron un patrón distinto al encontrado en este trabajo.

Con respecto a la prueba del número de caída, que da una indicación de la actividad de α -amilasa, la variedad Celaya tuvo valores más altos que la variedad Salamanca. Esta diferencia se puede atribuir a que la variedad Celaya está clasificada como trigo semifuerte, mientras que la variedad Salamanca es trigo suave. La fertilización nitrogenada disminuyó el número de caída en ambas variedades de trigo con respecto a las no fertilizadas ($P < 0.05$). Tabl y Kiss (1983), reportan una disminución en el número de caída por efecto de aplicación de fertilizante nitrogenado. Barba (1986), encontró que el número de caída disminuyó para la variedad Salamanca, pero que en la variedad Celaya aumentó por efecto de la fertilización nitrogenada.

El rendimiento de gluten seco (Tabla 12), estuvo estrechamente relacionado con los aumentos en la cantidad de proteína de las harinas (Tabla 10) y de ácido glutámico y prolina (Tabla 11), ya que estos 2 aminoácidos son los principales componentes del gluten. Es decir, conforme aumentó el nivel de fertilización se incrementó el contenido de gluten seco para ambas variedades. Resultados similares son reportados por Abrol et al (1971); Kulkarni et al (1987), quienes encontraron una estrecha correlación entre el contenido de proteína y gluten.

Los resultados del análisis de las curvas farinográficas, indicaron que la capacidad de absorción de agua se incrementó ligeramente en las harinas de trigos fertilizados (Tabla 13). El tiempo de desarrollo se vió afectado por la fertilización nitrogenada, ya que las harinas provenientes de trigos sin fertilizar presentan tiempos más cortos que las de trigos fertilizados; sin embargo, con 120 y 240 Kg N₂/ha no hay diferencia significativa ($P > 0.05$). La estabilidad siguió un patrón igual al anterior. El tipo de curva farinográfica obtenida varía de acuerdo a factores como la variedad y clase de trigo entre otros, lo cual se ve en la Fig. 3. Kunerth and D'Appolonia (1985), mencionan que los trigos fuertes generalmente producen farinogramas con mayor tiempo de estabilidad que las harinas derivadas de trigos suaves, lo cual concuerda con los valores aquí obtenidos. Paredes-López et al (1985), mencionan que la estabilidad y absorción de agua fueron significativamente aumentadas en una variedad semi-fuerte y no encontraron diferencia para una variedad de trigo suave, al utilizar diferentes dosis de fertilización nitrogenada. El incremento en la cantidad del gluten, propició las diferencias encontradas a favor de las harinas de trigos fertilizados.

El análisis de las curvas alveográficas (Tabla 14), corroboró las observaciones obtenidas en el farinógrafo tal como se esperaba, la elasticidad (L y G) se vieron favora-

Tabla 13.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Comportamiento Farinográfico de Trigo Variedad Celaya y Salamanca.

Variedad	Kg Nitrógeno/ha	Absorción de Agua	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad (min)	I. T. M. (UB)
Salamanca	0	52.2 ^a	1.3 ^a	2.3 ^a	75 ^a
Salamanca	120	53.6 ^b	3.6 ^b	6.7 ^b	95 ^b
Salamanca	240	53.4 ^b	3.5 ^b	6.4 ^b	72 ^a
Celaya	0	52.2 ^a	1.0 ^a	4.0 ^c	115 ^c
Celaya	120	56.4 ^c	6.3 ^c	9.6 ^d	67 ^a
Celaya	240	58.8 ^d	6.0 ^c	8.7 ^e	70 ^a

Medias con diferente letra en la columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

I. T. M. - Índice de Tolerancia Mecánica (Unidades Brabender).

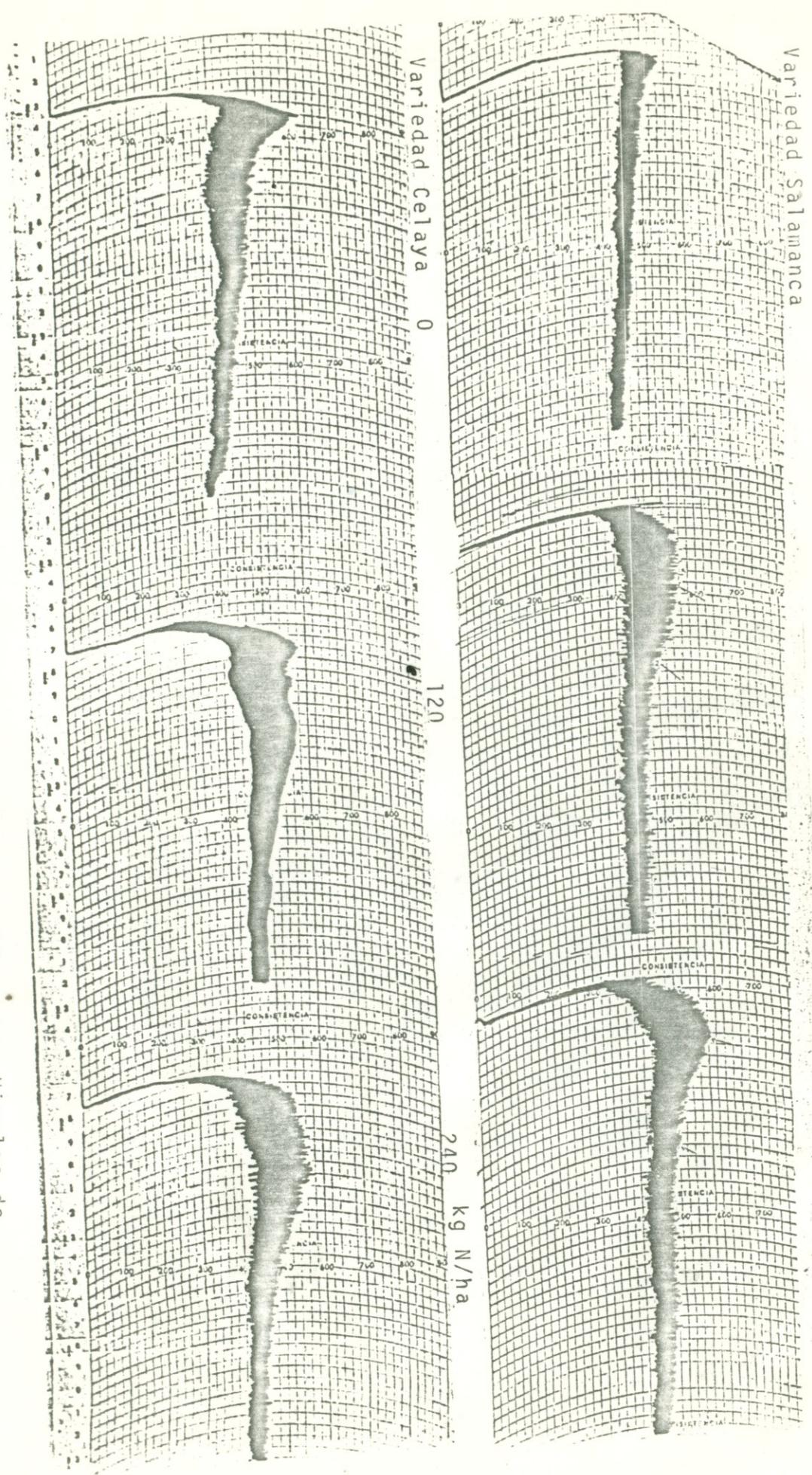


Fig. 3. - Farinogramas de Harinas de Trigo con Diferentes Niveles de Fertilización Nitrogenada

Tabla 14.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Comportamiento Alveográfico en Harinas de Trigo Variedad Celaya y Salamanca¹.

Variedad	Nitrogeno/ha (Kg)	P mm	L mm	G	W ergx10 ⁻⁴	P/L	P/G
Salamanca	0	39.7 ^a	67.0 ^a	6.6	85.3 ^a	0.7	7.0
	120	44.2 ^b	85.0 ^b	8.5	128.4 ^b	0.5	5.6
Salamanca	240	41.5 ^a	163.2 ^c	20.4	163.4 ^c	0.2	2.2
	0	90.4 ^c	52.3 ^d	16.1	175.0 ^d	1.9	5.8
Celaya	120	87.1 ^c	125.8 ^c	21.1	300.8 ^e	0.7	4.3
	240	55.7 ^d	173.8 ^f	25.4	324.9 ^f	0.3	2.2

P= Tenacidad;

W= Trabajo de deformación

L= Elasticidad

¹Medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

blemente incrementadas en las harinas de los trigos que fueron fertilizados (Fig. 4). Esto se puede relacionar con la cantidad de gluten y estabilidad discutidos anteriormente.

Las diferencias observadas en la elasticidad, se vieron reflejadas en el trabajo de deformación de la masa (W), donde las variedades Celaya y Salamanca con niveles de fertilización de 120 y 240 Kg de N₂/ha presentaron valores mayores. Paredes-López et al (1985), encontraron que la elasticidad y energía de deformación de la masa se incrementan al aumentar la fertilización nitrogenada.

Los resultados de la prueba de panificación (Tabla 15), estuvieron muy relacionados con los resultados de las pruebas reológicas. Es decir, que la mayor estabilidad, elasticidad, contenido protéico y rendimiento de gluten seco se vieron reflejadas en el principal criterio de calidad del pan, que es el volumen. El volumen de los panes provenientes de trigos fertilizados fué significativamente mayor ($P < 0.05$) que el trigo sin fertilizar. Para la variedad Salamanca se observó que el pan proveniente de trigo sin fertilizar tenía 20 y 10% menos volumen que el pan proveniente de trigos fertilizados con 240 y 120 Kg de Nitrógeno/ha respectivamente. En el caso de la variedad Celaya, el efecto fué todavía más marcado, puesto que el pan de trigo sin fertilizar tenía 25% menos volumen que el pan de trigo fertilizado con 240 Kg de Nitrógeno/ha. Con respecto al peso del pan se observó que para el

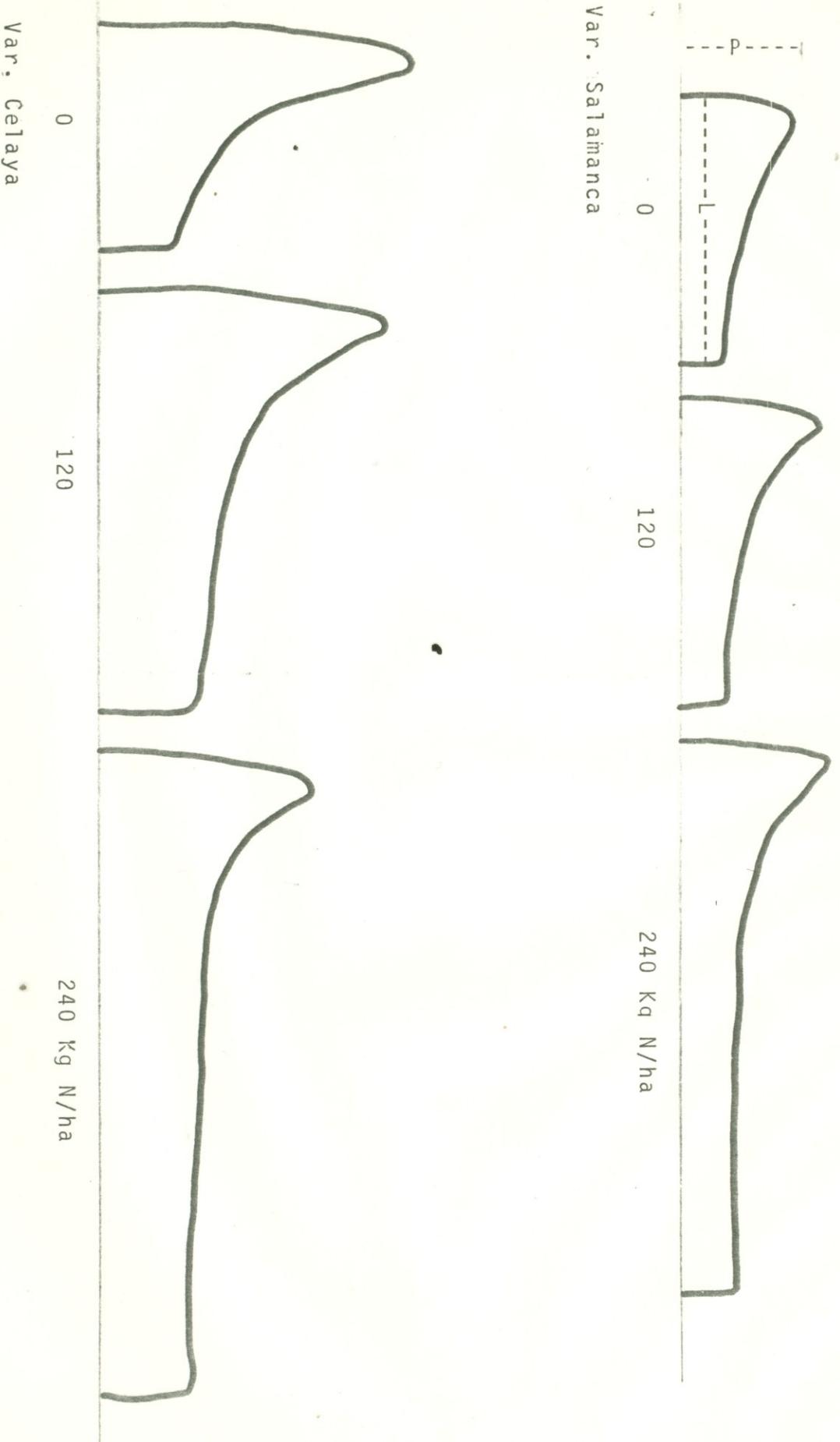


Fig. 4. Alveogramas de las Harinas de Trigo con Diferentes Niveles de Fertilización Nitrogenada.

Tabla 15.- Efecto de la Fertilización Nitrogenada en las Propiedades de Panificación de Trigos Celaya y Salamanca.

Variedad	Nitrógeno/ha (Kg)	Volumen (cc)	Peso (gr)	Densidad Aparente gr/cc
Salamanca	0	633.0	149.6	0.23
Salamanca	120	694.1	149.2	0.21
Salamanca	240	794.2	151.7	0.19
Celaya	0	603.3	152.3	0.25
Celaya	120	632.5	152.8	0.24
Celaya	240	826.6	152.5	0.18

caso del pan elaborado de la variedad Salamanca con nivel de fertilización de 240 Kg de Nitrógeno/ha, fué más pesado dado a su mayor capacidad de absorción de agua. Finalmente la densidad aparente, que nos dá una indicación de textura de la miga, fueron menores en los panes de trigos fertilizados, lo que se traduce en una estructura más abierta en el migajón.

De acuerdo a los resultados de la evaluación subjetiva del pan (Tabla 16), se observa que el color de la miga del pan elaborado con harina de trigo variedad Salamanca con 120 y Celaya con 240 Kg de N_2 /ha, presentaron una coloración crema, mientras que en el resto tenían un color amarillo-crema indicando la presencia de pigmentos carotenoides provenientes de la harina, que no fué blanqueada correctamente o que el grado de refinación o extracción no fue adecuada, esto se relaciona con los datos de extracción de harinas (Tabla 9). La textura y calidad del pan se mejoró al incrementar la fertilización en ambas variedades, debido esto principalmente al aumento de la cantidad de gluten en las harinas.

En los resultados de la digestibilidad (Tabla 17), se observa que debido a la fertilización nitrogenada por cada 100 gr de pan se tiene una disponibilidad aparente de proteínas sensiblemente mayor (Tabla 10; de 11.4 aumentó a 18.3%). Este incremento tan elevado debe ser evaluado en toda su magnitud.

Tabla 16.- Evaluación Subjetiva de la Apariencia y Textura General de Pan Elaborado con Harina de Trigos con Distinta Dosis de Fertilización Nitrogenada.

	Kg N ₂ /ha	Color de la miga	Textura de la miga	Calidad general
Salamanca	0	Amarillo-crema	pobre	poco agradable
Salamanca	120	crema	regular	regular
Salamanca	240	Amarillo-crema	buena	aceptable
Celaya	0	Amarillo-crema	regular	regular
Celaya	120	Amarillo-crema	buena	aceptable
Celaya	240	crema	muy buena	aceptable

Tabla 17.- Resultados de la Digestibilidad In Vitro de la Proteína de Harina de Trigo Variedad Celaya y Salamanca con diferentes Niveles de Fertilización Nitrogenada.

Variedad	Sin Fertilizante	120kg N/ha	240 kg N/ha
Salamanca	88.9	91.2	93.5
Celaya	85.6	88.8	90.5

Por otro lado, habría que reanalizar la confiabilidad del análisis de aminoácidos; por lo que aparenta requiere de consideraciones mayores. Los datos obtenidos indican que las proteínas del endospermo son altamente digestibles, pero por su contenido de aminoácidos esenciales son de muy bajo valor nutritivo, por lo que se presume que la fertilización nitrogenada no mejora la calidad nutricional de la harina de trigo.

CONCLUSIONES

En base a los resultados de este trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- El rendimiento de grano por hectárea se triplica con la fertilización nitrogenada al compararse con el trigo sin fertilizar. Estos rendimientos son ligeramente mayores al rendimiento promedio del Estado de Sonora que es de 4.4 toneladas/ha empleando un promedio de 155 Kg de fertilizante nitrogenado/ha.
- La altura de las plantas fué menor en aquellas en las cuales no se aplicó fertilizante, y en las que se aplicó 120 y 240 Kg de nitrógeno/ha, la altura fué estadísticamente igual.
- La aplicación de 240 Kg de nitrógeno/ha presentó un rendimiento de grano cosechado similar al obtenido con 120 Kg de nitrógeno/ha; lo cual indica que la aplicación de cantidades mayores a 120 Kg no es redituable al agricultor, al menos en las variedades Celaya y Salamanca aquí estudiadas y bajo las condiciones climáticas del Estado de Sonora.
- Las harinas de trigos fertilizados con nitrógeno tuvieron un mayor contenido de gluten, el cual se vió reflejado en el tiempo de desarrollo; en la estabilidad, en la elasticidad de la masa y sus panes presentaron mayor volumen.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Abrol, Y.P., Uprety, D.C., Ahuja, V.P. and Naik, M.S., 1971. Soil fertilizer levels and protein quality of wheat grains. Aust. J. Agric. Res. 22: 195-200
- 2.- Adams, J.M. and Schulten, G.M. 1978. Postharvest Grain Losses Assesment Methods. Edit. AACC, St. Paul, MN.
- 3.- American Association of Cereals Chemist. 1976. Approved Methods of Analysis. Washington, D.C.
- 4.- American Association of Cereals Chemist. 1980. The Amylograph Handbook. Edit. AACC, St. Paul, MN.
- 5.- American Official Analytical Chemist. 1984. Association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, Virginia.
- 6.- Baghott, K.G. and Puri, Y.P. 1980. Response of durum and bread wheats to nitrogen fertilizer. Field Crops Abs. 33(10): 79
- 7.- Barba de la Rosa, A.P. 1986. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre las propiedades fisico-quimicas y funcionales de trigos cultivados en el Bajío. Tesis, Instituto Tecnológico de Celaya.
- 8.- Bennion, E.B. 1967. Fabricación de Pan . Edit. Acribia, Zaragoza, España.
- 9.- Benzian, B. and Lane, P. 1981. Interrelationship between nitrogen concentration in grain, grain yield and added nitrogen in wheat experiments of South-East England. J.Sci. Food. Agric. 32: 25
- 10.- Benzian, B. Darby, R.J., Lane, P. Widdowson, F.V. and Verstraeten M.J. 1983. Relationship between N concentration of grain and grain yield in recent winter-wheat experiments in England and Belgium some with large yield. J.Sci. Food. Agric. 34: 685

- 11.- Blacklow, W.M. 1982. N^{15} moved to the grain of winter-wheat when applied as nitrate senescing flag leaved. J. Plant. Physiol. 9: 641
- 12.- Blum, A., Linder, Z. and Naveh, M. 1981. Effects of nitrogen fertilization on grain yield quality of israeli common and durum wheats. Soils and Fertilizer 44(4): 381
- 13.- Boyd, D.A. 1968. Experiments with ley and arable farming systems. Report of rothamsted Experimental Station.
- 14.- Bushuk, W. and Wrigley, C.W. 1974. Proteins: composition, structure and function. En: Wheat: Production and utilization. Inglett, G.E. Edit. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Conn.
- 15.- Bushuk, W. 1986. Wheat: Chemistry and uses. Cereals Food World. 31: 218-226
- 16.- Campbell, A.M. 1972. Flour. En: Food theory and application. Edit. John Wiley and Sons.
- 17.- Carvajal, J.M. Las variedades más recientes de trigo en México. Revista Continental Pan.
- 18.- Chen, C.H. and Bushuk, W. 1970. Nature of proteins in triticale and it's parental species. I. Solubility characteristics and aminoacid composition of endosperm proteins. Can. J. Plant. Sci. 50: 9
- 19.- Chopin, M. 1978. Metodica del ensayo alveografico de una harina. Manual del Alveografo Chopin-Dubois, Paris, Francia.
- 20.- Christensen, C.M. 1974. Storage of cereals grains and their products. Edit. AACC. St. Paul, MN.
- 21.- CIANO., 1984 Guía para la asistencia técnica agrícola en la Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.
- 22.- Centro de Investigaciones en Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1976. Trigo duro: nueva era para un cultivo antiguo. Dpto. de Divulgación del CIMMYT, México, D.F.
- 23.- Cooke, G.W. 1983. Fertilización para máximos rendimientos. Edit. CECSA, México, D.F.

- 24.- D'Appolonia, B.L. and Kunnerth, W.H. 1985. Use of the mixograph and farinograph in wheat quality evaluation. En: Rheology of wheats products. Edit. Hamed Faridi. Published by AACC, St. Paul, M.N.
- 25.- Deman, J.M. , Voisey, P.W., Rasper, V.F. and Stanley, D.W. 1976. Rheology and texture in food quality. The AVI publishing Co. Westport, Conn.
- 26.- Dill, D.B. and Alsberg, C.L. 1924. Some critical considerations of the gluten washing problems. Cereal Chem. 1:222
- 27.- FAO, 1970. Fertilizer. An annual review of world production, consumption trade and prices. FAO, Rome, Italy.
- 28.- Finney, K.F. 1978. Contribution of individual chemical constituents to the functional (Breadmaking) properties of wheat. En: Postharvest, Biology and Biotechnology. Food and Nutrition Press. Inc. Westport, Conn.
- 29.- Fisher, W.W. and Halton, P. 1936. Observation of gluten washing. Cereal Chem. 13: 575
- 30.- Fjell, L.D., Paulsen, G.M. and Lawless, R.J. 1984. Relationship among nitrogen and phosphorus contents of vegetative parts and agronomic traits of normal and high protein wheats. Journal of Plant Nutrition. 7: 1093-1102
- 31.- Fomento Agropecuario del Gobierno del Estado de Sonora. 1986. Comunicación personal. Hermosillo, Sonora.
- 32.- Fried, M. Soper, R.J. and Broeschart, H. 1975. N¹⁵ leaved single treatment fertility experiments. Agron. J. 67:393
- 33.- Hanson, H., Borlaug, E. y Anderson, G.R. 1985. Trigo en el Tercer Mundo. CIMMYT, México, D.F.
- 34.- Hosney, R.C., Finney, K.F., Pomeranz, Y. and Shogren, M.D. 1969. Functional (Breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. III.- Characterization of gluten protein fraction obtained by ultracentrifugation. Cereal Chem. 46: 126
- 35.- Hsu, H.W., Vavak, D.L., Satterlee, L.D. and Miller, G.A. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. J. Food Sci. 42: 1269

- 36.- ICI. 1985. Boletín Informativo. Dpto Agrotécnico. México, D.F.
- 37.- Instituto Internacional de la Potasa. 1980. 10 toneladas de trigo por hectárea. Corresponsal Internacional Agrícola. Berna, Suiza. 21(24): 6
- 38.- INEGI. 1985. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Programación y presupuesto. México.
- 39.- Inglett, G.E. 1974. Wheat Production and Utilization. The AVI Publishing Co. Westport, Conn.
- 40.- International Seed Testing Association. 1966. International rules for seed testing. Wageningen (Netherlands).
- 41.- Kent, N.L. 1984. Technology of Cereals. Pergamon Press Ltd. Great Britain.
- 42.- Kim, D.K., Junk, Y.T. and Park, R.K. 1981. Studies on fertilizers response in the new wheat cultivar. Soils and Fertilizer. 44(11): 1082
- 43.- Kosmolak, F.G. and Crowle, W.L. 1980. An effect of nitrogen fertilization on the agronomics traits and dough strength of five Canadian hard red spring wheat cultivars. Can. J. Plant. Sci. 60: 1071 - 1076
- 44.- Kulkarni, R.G. Ponte, Jr. J.G. and Kulp, K. 1987. Significance of gluten content as an index of flour quality. Cereal Chem. 64(1): 1-3
- 45.- Laloux, R., Felisse, A. and Poelaert, J. 1980. Nutrition and fertilization of wheats. En: Wheat. CIBA/GEIGY Ltd. Switzerland.
- 46.- Lee and McRitchie, F. 1971. The effect of gluten proteins fraction on dough properties. Cereal Chem. 48: 620-625
- 47.- Moreno, R.O. 1982. Respuesta del trigo a Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la rotación trigo-trigo. En: Avances de la Investigación, CIANO, Cd. Obregón, Sonora
- 48.- Orth, R.A., and Bushuk, W. 1973. Studies of glutenin. III.- Relation of variety, localization of growth and baking quality to molecular weight distribution of subunits. Cereal Chem. 46: 495

- 49.- Paredes-López, O., Covarrubias, A.M. and Barquín, C.J. 1985. Influence of nitrogen fertilization on the physicochemical and functional properties of bread wheats. *Cereal Chem.* 62: 427-430
- 50.- Pelikan, M. Dudas, F. and Stankova. 1980. Study of changes in wheat grain protein complex due to environmental factors. *Soils and Fertilizer.* 43(8): 735
- 51.- Piech, M. and Lebiez, S. 1981. The effects of nitrogen fertilization on the yields components of spring wheat cultivar. *Soils and Fertilizer.* 44(5): 381
- 52.- Pomeranz, Y. 1978. *Wheat: Chemistry and Technology.* AACC. St. Paul, MN.
- 53.- Pyler, E.J. 1973. *Baking Science and Technology.* Vol. 1 Siebel Publishing Co, Chicago.
- 54.- Rodríguez, S.F. 1982. *Fertilizantes-Nutrición Vegetal.* Primera edición. AGT Editor, S.A. México, 18, D.F.
- 55.- Schoenberger, H. 1981. Nitrogen requirement of winter wheat in relation to site and production technique. *Fields Crops Abs.* 34(1): 37
- 56.- Secretaría de Alimentos, Productos y Servicios Esenciales. 1984. *Estudio Nacional de la Oferta y la Demanda de Trigo, Ciclo Agrícola 83/84.* Gobierno del Estado de Sinaloa.
- 57.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1981. *Econotecnia Agrícola, consumo aparente de productos agrícolas 1925-1980.* 5(9): 63
- 58.- Secretaría de Agricultura y recursos Hidráulicos. 1982. *Diagnóstico Agroindustrial de Sonora.* Dpto de Divulgación Agroindustrial, SARH, México.
- 59.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1984. *Trigo en la Costa de Hermosillo.* SARH, Circular N°113
- 60.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1985. *Guía para cultivar trigo en el Bajío.* Campo Agrícola Experimental del Bajío, Celaya, Gto. Folleto para productores N° 18

- 61.- Singh,O.N. and Mahatim,S. 1980. Effects of rates of nitrogen and varieties on nitrogen use in dwarf wheat. *Soils and Fertilizer*. 43(8): 735
- 62.- Spackman,D.M., Stein,W.H. and Moore,S. 1958. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of aminoacids. *Anal. Chem.* 30: 1190-1206
- 63.- Spratt,E.O. 1979. Protein in wheat. *Can. Agric. J.* 24:7-13
- 64.- Tabl,N.M. and Kiss,A. 1983. Chemical and quality characters of triticale and wheat grown at two densities and different levels of nitrogen fertilizer. *cereal Res. Comm.* 11:275
- 65.- Tomlinson,T.E. 1970. Urea agronomic application. *Proceeding of the Fertilizer Society* N° 113
- 66.- Torres,B.C. 1980. Evaluación de los fertilizantes sobre el rendimiento de grano y algunas características agronómicas del cultivo de trigo, bajo la rotación soya-trigo. En: *Avances de la Investigación*, CIANO. Cd.Obregón, Sonora.
- 67.- Widdowson,F.V. and Penny,A. 1969. Effects on barley and kale of NPK fertilizer containing different proportion of urea and ammonium nitrate and either triple superphosphate or monourea phosphate. *J. Agric. Sci.* 73: 125-132
- 68.- United States Department of Agriculture, 1961, *Approved practices in soli conservation*. Handbook N° 61
- 69.-United States Department of Agriculture-Food Agriculture Statics. 1984. *Statistics on world wheat and flour trade*.