

UNIVERSIDAD DE SONORA  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

"OBTENCION DE HARINA DE TRIGO NIXTAMALIZADO"

TESIS



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE LA ESCUELA DE  
CIENCIAS QUIMICAS

PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

PRESENTA

*Rosa de la Isla Borbón*

HERMOSILLO, SONORA, MEXICO  
SEPTIEMBRE DE 1969

# 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

# C O N T E N I D O

RESUMEN.	1
I. INTRODUCCION.	4
II. GENERALIDADES.	4
III. TRABAJO EXPERIMENTAL.	49
VI. RESULTADOS	63
V. EVALUACION DE RESULTADOS.	71
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	75
VII. BIBLIOGRAFIA.	78

RESUMEN.

Para la obtención de harina nixtamalizada usando trigo como materia prima se seleccionaron las variedades: Sonora, Siete Cerros, Pénjamo y Nadadores, que eran las que se encontraban en existencia en el momento de la investigación.

La nixtamalización se llevó a cabo usando cal viva, a diferentes concentraciones y variando el tiempo y temperatura de exposición. Después de la nixtamalización las variedades se sometieron a un proceso de molienda para obtener la harina.

Ya obtenida la harina nixtamalizada se hicieron determinaciones de proteínas en las diferentes variedades y en harina de trigo sin nixtamalizar, no encontrándose diferencias significativas en la proporción de ellas.

De los datos obtenidos en la investigación se concluyó que:

Son de gran importancia las variedades de granos para obtener mayor rendimiento y una harina de mejor calidad. De las variedades usadas la que dio mejor resultado fue la Pénjamo.

Las diferentes relaciones sólido-líquido tienen relación directa con los resultados obtenidos, al igual que el tiempo y la temperatura.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones posteriores usando variedades de trigo más blando y posiblemente que tenga mejores resultados.

INTRODUCCION.

Uno de los problemas por los que atraviesan los países del mundo y entre ellos México, es el del aumento de población a un ritmo acelerado. Tal circunstancia origina el problema del desempleo y la alimentación.

El Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, palpando éste problema, viene realizando una serie de trabajos de investigación tendientes al aprovechamiento adecuado de los recursos naturales de Sonora.

Entre los recursos naturales de Sonora se tiene su abundante producción de trigo. En el ciclo agrícola 1967-1968 se produjeron 781,340 toneladas de este cereal, este grano constituye la materia prima de nuestro trabajo, por ser más abundante en producción y por ser más barato (1).

El objeto de esta investigación es obtener una harina de trigo nixtamalizado con características de aplicación semejantes a la harina de maíz para tortillas.

Si el proceso resulta costeable, previo estudio técnico-económico, tendrá aplicación en un futuro próximo debido al impulso que el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (CICTUS) tiene programado dar a la industria alimenticia contribuyendo de esta manera a la creación de nuevas fuentes de trabajo y a resolver en parte el problema de la alimentación.

GENERALIDADES.

Nombre Común: TRIGO

Nombre Científico: TRITICUM VULGARE.

Esta planta es originada del antiguo continente comprendida probablemente entre Palestina y la India, se sabe que fue cultivada en China 3,000 años antes de nuestra era.

Se cultiva en gran intensidad en zonas templadas y subtropicales de todo el mundo y se utilizan según las regiones, diversas especies y variedades. El trigo ha significado para el país una base para el desarrollo, es sin duda, uno de los productos agrícolas que más rápidamente ha alcanzado altos niveles de producción. El trigo suministra al hombre una quinta parte de su porción de energía alimenticia. Este cereal es el más cultivado, constituye el producto alimenticio primordial en la casi totalidad de los países de ingresos altos, y es cultivado y consumido en todos los países del mundo.

También es el grano de más extenso comercio, superando el tonelaje intercambiado al de los demás cereales combinados. Todos estos factores destacan la importancia del grano; el trigo es en resumen un producto agrícola básico. Los cereales que más se cultivan en México son: maíz, trigo, cebada, arroz y avena.

El maíz ocupa el primer lugar, ya que es uno de los alimentos básicos en la alimentación del pueblo mexicano, se cultiva casi en todas las regiones de la República.

Los Estados que rinden una producción más abundante son: Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Aguas Calientes principalmente. También se encuentra en Tlaxcala y Puebla, su producción es más reducida en Querétaro, Morelos, Nayarit, Colima, Durango y Oaxaca.

En los Estados que no se menciona su cultivo, éste es muy escaso o está limitado a zonas restringidas como en el Estado de Hidalgo que en su parte sur y en la Huasteca, rinde buenas cosechas.

El trigo es el cereal que más se cultiva en el Estado de Sonora y aporta más del 80% del trigo consumido por el país.

La siembra de trigo en México se efectúa regularmente en 15 Estados. De todas las entidades federativas que siembran el cereal, las del norte son las más productivas, especialmente las del noroeste.

Por zonas, la división triguera del país es como sigue: Noroeste, Norte, Centro Norte, Pacífico, Centro y Sur; la zona Noroeste, la más importante comprende 4 entidades que son: Sonora, Sinaloa, Baja California Norte y Baja California Sur.

Los Estados restantes son: Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Puebla, Chihuahua, Coahuila, Tlaxcala, e n menor proporción se cultiva en Querétaro, Oaxaca, Veracruz, Nuevo León, Durango y Zacatecas (8).  
A. Panorama Estatal (1).

Cuadro No. 1

Ciclo	Area (Has.)	Producción (Tons.)	Rendimiento (Kgs..Has.)	Valor de la cosecha (pesos)
1957/58	263,053	573,929	2,182	\$ 551'135,604.00
1958/59	295,717	524,121	1,772	478'861,873.00
1959/60	273,803	514,089	2,135	478'363,275.00
1960/61	273,890	681,728	2,489	622'417,664.00
1961/62	299,340	726,055	2,425	622'885,436.00
1962/63	326,709	905,266	2,771	826'507,858.00
1963/64	322,614	1'087,765	3,372	993'121,228.00
1964/65	337,778	1'006,332	2,979	918'781,116.00
1965/66	214,700	659,756	3,073	527'804,800.00
1966/67	297,206	1'019,216	3,499	815'374,400.00
1967/68	266,703	781,340	2,929	625'072,000.00

Sonora, Situación Triguera

El área de siembra estatal fue de 266,703 hectáreas en el ciclo ... 1967-1968. Presentó una disminución de 24,503 hectáreas respecto al ciclo anterior.

La superficie cosechable disminuyó en la región del Valle del Yaqui, Valle del Mayo, Valle de Guaymas y Comunidades Indígenas Yaquis, siendo el Valle del Yaqui la región que más redujo su área.

Permaneció constante en la región de la Costa de Hermosillo y aumentó ligeramente en Caborca y San Luis Río Colorado. (ver cuadro No. 1).

La reducción en el área de siembra estatal es resultado de la baja rentabilidad del cultivo, en comparación con posibles substitutos. Desde el ciclo 1964-1965 ha disminuido la superficie, al substituir al trigo otros cultivos de invierno como el cártamo.

Sin embargo este cultivo, aunque de grandes posibilidades, ha tenido continuos fracasos y por consecuencia el área de siembra es inestable. Sorgo y Cebada son otros cultivos con que se ha tratado de substituirlo, sin lograrlo aún.

El Valle de Guaymas presenta, más que ninguna otra región posibilidades de lograr reemplazar el trigo por otros cultivos más remunerativos como de hecho se ha logrado con las hortalizas.

En el sur de la entidad, en que las presas almacenan suficiente agua, las áreas se incrementan porque el agricultor puede sembrar más y prefiere sembrar trigo a dejar ociosas sus tierras, o a experimentar con otros cultivos.

Entre los múltiples factores que imposibilitan reducir al menos sistemáticamente, las áreas de siembra de este cereal, destacan los siguientes:

- a) Escasos conocimientos sobre otros cultivos.
- b) Actitud recelosa de los agricultores hacia nuevos cultivos que como en el caso del cártamo, han causado grandes pérdidas económicas.
- c) Relativa seguridad del cultivo y su conocimiento casi perfecto, que da como resultado que el agricultor aunque no obtenga ganancias cuantiosas, no está expuesto a fuertes fracasos económicos.

La falta de una planificación nacional de la agricultura, que da como resultado la imposibilidad de controlar las áreas de siembra que den una producción óptima en cuanto resultados económicos se nota en especial en Sonora donde la agricultura es principalmente, de solo dos cultivos: trigo y algodón.

Por regiones en el Valle del Yaqui se sembró el 41.2% del área triguera total en el Estado, la Costa de Hermosillo 32.9%, Valle del Mayo 12.2%, Caborca 4.1%, Comunidades Indígenas Yaquis 3.6%, Guaymas .. 2.7%, San Luis Río Colorado 1.1% (1).

#### B. Producción.

La tendencia de la producción triguera, en el Estado de Sonora, había presentado un continuo ascenso hasta 4 años, ciclo en que la producción sumó 1 millón 87 mil 756 toneladas.

Después de alcanzar esa cúspide, la producción triguera en la entidad ha presentado marcadas fluctuaciones. En el ciclo que se inició en noviembre de 1964 y concluyó en abril en 1965, se registró una producción de 1 millón 006 mil 332 toneladas, en cambio el siguiente ciclo se redujo a 659 mil 756 toneladas.

Sin embargo, en el ciclo que acaba de concluir se registró una disminución ya que se produjo un total de 781,340 toneladas.

El resultado de esta baja es producto de una reducción en el área de siembre y de los bajos rendimientos por hectárea obtenidas. El Valle del Yaqui contribuyó con el 39.9% de la producción estatal. Le sigue en importancia, la Costa de Hermosillo con 37.7%. Además de las regiones antes mencionadas, destacan por su producción triguera en el ciclo 1967-1968 el Valle del Mayo con 10.3%, Caborca con 4.4%, Valle de Guaymas 2.3%, Comunidades Indígenas Yaquis 2.1%, San Luis R. C. 1.1% y otras regiones del Estado contribuyen con el 1.8% restante.

El valor de la cosecha triguera Estatal en el ciclo 1967-1968 fue de 625 millones de pesos, o sea la reducción en solo tres ciclos fue de 293.7 millones de pesos.

Esto se debió fundamentalmente, a que ciclo 1964-1965 fue la última temporada con precio de \$913.00 toneladas. El ciclo 1965-1966 es el más desfavorable para la economía triguera para el Estado de Sonora, pues a pesar de que el precio se pagó a \$840.00 la tonelada, la producción se redujo y por lo tanto el valor de la cosecha, ésta solo alcanzó 527.8 millones de pesos, casi la mitad del ciclo anterior (1964-1965). Por regiones, el Valle del Yaqui como lo indica el cuadro No. 2 es la región que más aporta el valor de la cosecha seguido muy cerca por la Costa de Hermosillo. Ambas regiones contribuyen por cerca del 75% del valor de la producción estatal resultante del ciclo 1967-1968 (1).

#### Harina Nixtamalizada.

Definición.— Se entiende por harina nixtamalizada para tortillas el producto industrial obtenido por molienda del nixtamal a la cual basta agregar una cantidad adecuada de agua y amasar para poder hacer tortillas directamente.

Cuadro No. 2

Zonas Productoras	Area (Has.)	%	Producción (Tons.)	%	Rendimiento (Kgs..Has.)	Valor de la cosecha	%
Valle del Yaqui	110,000	41.24	321,165	39.95	2,837	249,732,000	39.95
Costa de Hermosillo	88,000	32.99	294,765	37.73	3,349	235,812,000	37.73
Valle del Mayo	32,725	12.27	81,204	10.39	2,481	64,963,200	10.39
Región de Caborca	11,000	4.12	34,818	4.46	3,165	27,854,400	4.46
Comunidades Indígenas Yaquis.	9,617	3.62	16,956	2.17	1,764	13,564,800	2.17
Guaymas	7,375	2.77	18,061	2.31	2,448	14,448,864	2.31
San Luis R. C.	2,986	1.12	8,950	1.15	2,996	7,160,000	1.15
Otras Regiones (1)	5,000	1.87	14,412	1.84	2,833	11,529,600	1.84

(1) Regiones Río Sonora, Magdalena, Santa Ana, etc.

## SITUACION TRIGUEKA EN SONORA, POR ZONAS PRODUCTORAS

CICLO 1967—1968

Nixtamal es el producto obtenido por cocción controlada del grano en lechada de cal. La más usada es la harina de maíz nixtamalizada, puede provenir de maíz blanco o amarillo y se considera que las características primordiales para que las tortillas resulten de primera calidad es que sean de color y sabor agradable (7).

Usos.—La harina de maíz nixtamalizado se usa principalmente para hacer tortillas. En 1958 el consumo de harina de maíz en Sonora era de 25 toneladas diarias según datos suministrados por los distribuidores. En 1963 el consumo de harina de maíz fue de 31 toneladas diarias.

Las siguientes consideraciones hacen suponer que ésta estimación es conservadora:

- a). El crecimiento general de población en 1960-1961 fue de 66.0 por millar.
- b). El 38% del total del aumento de población en 1961 fue inmigratorio, principalmente de las entidades sobrepobladas del sur del país, donde el consumo de maíz es de gran arraigo.
- c). En 1960 el 18.4% de la población de Sonora era de otros Estados de la República.
- d). Los aumentos registrados en las ventas de los mayoristas indican que las zonas rurales y las zonas del Norte del Estado que tradicionalmente consumían harina de trigo están consumiendo harina de maíz (17).

La siguiente tabla indica la población de Sonora que es originaria de otros Estados de la República que consumen maíz:

Entidad Federativa	Habitantes (miles)
Distrito Federal	3,219
Guanajuato	5,352
Jalisco	16,422
Nayarit	7,640
Oaxaca	2,164
Sinaloa	46,454
Zacatecas	4,908

En Hermosillo se realizó una encuesta entre las cinco principales mayoristas de la localidad y declararon ventas de aproximadamente de 140 toneladas mensuales en Hermosillo y su zona de influencia, comprendiendo el municipio de Hermosillo y las localidades de Benjamín Hill, Carbó, Tecoripa, Baviácora, Sahuaripa y El Novillo. Considerando las ventas de otros mayoristas, se estima un consumo de 200 toneladas mensuales en

el Municipio de Hermosillo y su zona de influencia; durante los meses de pizca de algodón las ventas de harina de maíz suben de un 10-20% debido al alto consumo de los trabajadores migratorios.

Si se toma como base el consumo total estimado de harina de maíz en el Municipio de Hermosillo, se obtiene un consumo de 1,496 gr. mensuales por habitante incluyendo a los trabajadores migratorios.

El consumo por habitante en el Municipio de Hermosillo sin considerar al trabajador migratorio se estimó en 1,448 gr. la cual da una diferencia de 48 gr. por habitante mensual que es el efecto neto en el consumo que tienen estos trabajadores, lo cual indica que la influencia de éstos en el consumo total no es determinante.

El consumo en el Municipio de Hermosillo y su zona de influencia aumentó en un 33.3% en el período de 1958 a 1963. Si el aumento en las principales zona sdel Estado hubiera sido poporcional al de Hermosillo, el consumo de estas zonas sería de 1200-toneladas mensuales.

Fuentes directas informan que el consumo de harina de maíz en el Valle del Yaqui y el Valle del Mayo, ha aumentado en una proporción mayor que en Hermosillo .

La siguiente tabla representa una estimación del consumo en Sonora por zonas, considerando factores como el desarrollo económico aumento de población, inmigración de otros Estados y composición de población por origen (12).

Tabla No. 1

Ciudad	Consumo (tons) mensual.
Agua Prieta	20
Hermosillo	200
Ciudad Obregón	350
Navojoa	300
Nogales	20
Santa Ana	40
Caborca	40
Cananea	35
Guaymas	80
San Luis R. C.	60

El consumo de harina de maíz tiende a ser más elevado en las zonas rurales donde se carece de tortillerías y aún de molinos de nixtamal. Aún cuando el desplazamiento de la población de Sonora hacia zonas ur-

banas fue notable durante el último decenio, la mayoría de esta población ha inmigrado a los periferios de los centros urbanos importantes como las zonas agrícolas del Valle dell Yaqui y Mayo, de Caborca, Costa de Hermosillo y San Luis Río Colorado, en donde viven en condiciones rurales (12).  
Descripción General del Trigo. (9)

El trigo corresponde al género TRITICUM, es un fruto en cariopside que se caracteriza por tener el pericarpio soldado a la semilla, se observa en todas las gramíneas como en el maíz, cebada; el trigo constituye uno de los alimentos más antiguos y estimados por el hombre.

El grano de trigo como el de todos los cereales está formado por 3 partes, pericarpio, endospermio y el embrión. El pericarpio es una membrana protectora, el endospermio está constituido por substancias nutrientes que sirven al grano durante la germinación, normalmente esta parte ocupa el mayor volumen del grano y el embrión que dá origen a la planta.

El salvado está constituido principalmente por el pericarpio que contiene pequeña cantidad de proteínas, muy poca grasa y materias minerales. El endospermio posee capas externas abundantes en aleurona y el resto contiene gran proporción de almidón, cierta cantidad de una proteína llamado glúten y una pequeña proporción de grasa.

Moliendo los granos de trigo y pasándolos por un tamiz se obtiene la harina y se hace una masa homogénea agregándole agua, si se lava se ve que el agua toma un aspecto lechoso debido a un polvo muy fino que queda en suspensión en ella.

Si se le agregue a ese líquido una gota de tintura de yodo se observa que se vuelve de color azul oscuro que prueba que es almidón. Si se sigue lavando la masa hasta que ya no contiene almidón, lo que se reconoce en que ya no toma color violáceo con el yodo, queda una substancia viscosa, que se llama glúten.

Es de naturaleza albuminoidea pues está compuesto de oxígeno, hidrógeno, carbono y nitrógeno. En el endospermio se encuentran pues, almidón y glúten. Por predominar el almidón se dice que es un endospermio amiláceo. tiene también endospermio amiláceo, el maíz, arroz, avena y la cebada.

El almidón es insoluble en agua fría, si se calienta se transforma en una masa pegajosa llamada engrudo, el almidón absorbe una gran cantidad de agua, y se hincha llegando a tener un volumen mayor que el que tenía antes de humedecerse. Revienta y al unirse con los demás granos forma una masa pegajosa.

No todas las semillas encierran la misma cantidad de almidón. Según Duchart, se halla en las proporciones siguientes:

Arroz .....	85%
-------------	-----

Maíz .....	81%
Cebada .....	79%
Trigo .....	70%
Avena .....	59%
Frijol .....	34%

El almidón constituye la materia de reserva en la semilla y sirve para alimentarla durante la germinación. El hombre aprovecha gran cantidad de semillas en su alimentación porque debido a la gran cantidad de almidón y otras sustancias son muy nutritivas. El almidón que se vende en el comercio se extrae del trigo, del maíz o de papa.

Se tritura después bajo un chorro de agua que arrastra los granos de almidón. Dejando reposar el agua de almidón, se observa que ésta queda en el fondo del recipiente, se decanta y se somete al proceso de secado. Composición química y valor nutritivo del grano de trigo.

La composición química del grano de trigo es de particular interés desde el punto de vista de la nutrición humana, será por lo tanto de interés en este estudio, en que enfocamos nuestra atención particularmente en los compuestos químicos y los elementos del grano de trigo que contribuyen importantemente en la nutrición del hombre.

En términos generales ésto incluye proteínas con sus aminoácidos correspondientes, carbohidratos, grasas, elementos minerales y vitaminas. Por su gran cantidad de hidratos de carbono es un alimento de alto valor calorigénico; el trigo por lo tanto es un excelente alimento.

La composición química del grano de trigo es la siguiente:

Carbohidratos .....	74.58%
Proteínas .....	12.65%
Grasa .....	2.44%
Agua .....	8.61%
Minerales .....	1.72%

Contiene además vitaminas A, B, D, y E.

Hecho el análisis de la harina y comparado con el grano completo se encontró que la harina tamizada pierde las sustancias siguientes:

Proteínas .....	0.39%
Minerales .....	0.70%
Grasa .....	0.20%

En el maíz el análisis químico hecho en diversas variedades dio por resultado el promedio siguiente:

Carbohidratos .....	70.81%
Proteínas .....	9.84%
Fibra cruda .....	2.9%
Ceniza .....	1.65%
Agua .....	9.80%
Grasa .....	5.0%

Las proteínas que encierra el grano de maíz tienen un escaso valor nutritivo y no todas son digeribles. Se pierde de ellas un 30% aproximadamente.

La mayor parte de los carbohidratos contenidos en el grano de maíz son digeribles, pues solo se pierde 1.65% de ellos. El maíz contiene 4.65% de grasa digerible. Las sustancias digeribles del grano de maíz son las siguientes:

Carbohidratos .....	68.21%
Proteínas .....	7.25%
Grasa .....	4.65%

De acuerdo con los datos anteriores el grano de maíz resulta un excelente alimento energético pero muy pobre en proteínas, es también pobre en minerales.

Una alimentación a base de maíz resulta inadecuada, especialmente por la escasez y la cantidad de las proteínas del grano. Es un alimento que produce 350 calorías por cada 100 gr. (9).

Composición del trigo.

Kent-Jones (1957) de sus propios y extensivos datos obtenidos en sus experimentos ha presentado tablas que representan aproximadamente la composición química del trigo y de varios productos de la molienda. (6).

Composición promedio del grano de cereal.

Composición aproximada del grano de trigo y de harina de trigo.

Tabla No. 2

Materia mineral	1—2 %	0.3—0.6 %
Humedad	9—18%	13.0—15 %
Proteínas	8—15%	8.0—13 %
Grasa	1— %	0.8—1.5 %
Azúcares	2—3 %	1.5—2.0 %
Almidón	60—80 %	65—70 %
Celulosa (fibra)	2—2 5 %	Trazas 0.2 %

En la tabla No. 3 se encuentra la composición aproximada del germen del trigo y de salvado. Prácticamente todo el almidón está en el endospermio. (II).

Los carbohidratos en el embrión son principalmente azúcares solubles; las proteínas, cenizas y grasas son más concentradas en el embrión (incluyendo su núcleo) y menos en el endospermio.

La celulosa es mucho más abundante en el salvado y menos abundante en el endospermio (ver tabla No. 3).

	HUMEDAD %	PROTEINA CRUDA %	PROTEINA VERDADERA %	GRASA %	FIBRA CRUDA %	CARBOHIDRATOS %	CENIZA %
Cebada	15.0	9.0	8.5	1.5	4.5	67.4	2.6
Sorgo	11.0	9.6	8.6	3.8	1.9	71.3	2.4
Malomaiz	13.0	10.5	9.9	3.9	8.1	60.7	3.8
Maíz	13.0	9.9	9.4	4.4	2.2	69.2	1.3
Avena	11.4	8.3	9.5	4.8	10.3	58.4	3.1
Arroz	11.4	10.4		1.8	8.8	64.7	5.0
Trigo	13.0	12.2	11.0	1.9	1.9	69.3	1.7

COMPOSICION PROMEDIO DEL GRANO DE CEREAL.

Tabla No. 3

Composición aproximada del germen de trigo y de salvado.

		Germen Comercial. %	Comercial Salvado %
Humedad	9.0	13.0	14.0
Proteínas	22.0	32.0	15.00
Celulosa	1.8	2.5	9.6
Grasa	6.0	11.0	3.5
Materia Mineral	4.0	5.0	5.4
Carbohidratos	35.0	45.0	52.0

#### Carbohidratos.

Los carbohidratos encontrados en el trigo son principalmente el almidón, celulosa y los azúcares, como la maltosa, glucosa, sacarosa, rafinosa y fructosa.

El carbohidrato más importante en el alimento del hombre y de muchos de los vertebrados es el almidón, que es el componente principal de todos los cereales.

En muchas partes del mundo los carbohidratos son la fuente de energía principal de la nutrición humana. También constituyen el alimento principal de los animales herbívoros. El hidrato de carbono de más importancia para los americanos, europeos es el almidón de trigo, maíz, centeno y papas; en Asia es otro cereal, el arroz, mientras que en Africa se usan tubérculos de gran contenido de almidón.

Los carbohidratos son polihidroxi-aldehidos, polihidroxi-cetonas o son productos de condensación de éstos compuestos.

Los carbohidratos se agrupan en 3 clases: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. El tipo más frecuente de los oligosacáridos está constituido por los disacáridos que están formados por la condensación de dos moléculas de monosacáridos.

Los oligosacáridos más complicados no son frecuentes en la naturaleza aunque se han encontrado en las plantas algunos que contienen 3 o 4 unidades de monosacáridos.

A los monosacáridos y a los disacáridos se les llama comunmente azúcares. Los polisacáridos son sustancias macromoleculares, que consisten en una gran cantidad de monosacáridos, éstos aparecen en la naturaleza en cantidades mucho mayores que los monosacáridos y los disacáridos, algunos polisacáridos constituyen los elementos estructurales insolubles de las plantas, tal como ocurre con la celulosa.

Hay otro grupo aún que constituye el material de reserva de las células animales y vegetales, dentro del cual se incluyen el almidón y el glucógeno.

Estas sustancias se solubilizan por tratamiento con agua caliente. Un tercer grupo de polisacáridos está formado por las pectinas, las gomas y sustancias similares (3).

Almidón.

Como se observó en la tabla No. 2 el almidón es el más abundante de los elementos del grano de trigo y está distribuido casi generalmente en el endospermio. En el proceso de molienda algunos gránulos de almidón son rajados o quebrados, llegando así a ser muy susceptibles a la gelatinización cuando son calentados.

El almidón es el principal carbohidrato de reserva, debido a su peso molecular alto no pueden penetrar las membranas de la célula y por este motivo son apropiados para desempeñar esta función de material de reserva.

Su molécula está formada únicamente por radicales de glucosa, de ellos unidos entre sí por enlaces glucosídicos del tipo 1, 4.

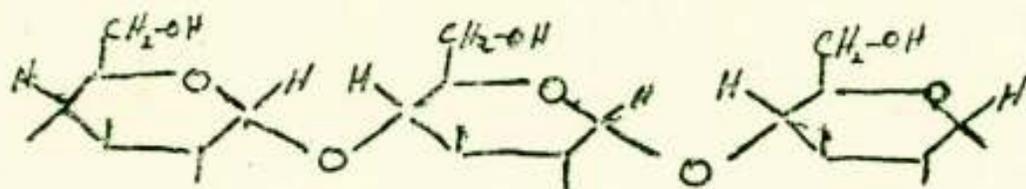
En el almidón las moléculas de polisacáridos están distribuidos en capas concéntricas; si el almidón se deja que se hinche en agua a unos 60° 80°C se obtiene una mezcla de dos poliglucósidos de gran peso molecular; la amilasa y la amilopectina.

La amilasa se precipita con butanol a partir de esta mezcla, mientras que la amilopectina queda en solución. La amilasa parece que consiste en cadenas lineales, de residuos de glucosa unidas por enlaces del tipo 1, 4. La amilasa da un color azul oscuro con las soluciones de yodo, la amilopectina produce una reacción que da un color púrpura mucho más débil.

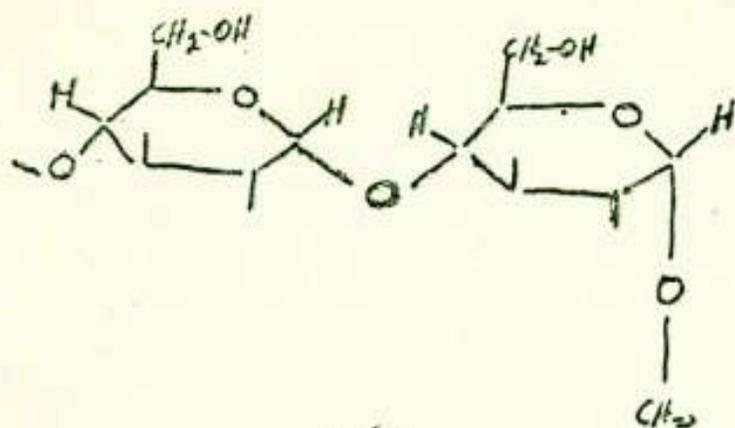
La estructura de la amilopectina, la molécula, es la de una cadena ramificada de moléculas de glucosa, y en ella la ramificación se debe a enlaces glucosídicos del tipo 1, 6. La relación amilasa-amilopectina es diferente en los almidones de distinto origen, pues algunos de ellos contienen casi exclusivamente amilopectina, mientras que otros el contenido de amilasa asciende hasta alrededor de un 35% de la totalidad del almidón.

Si se hidroliza cuidadosamente el almidón por medio de ácidos diluidos o de enzimas, se obtiene una mezcla del producto de hidrólisis que se llama dextrinas.

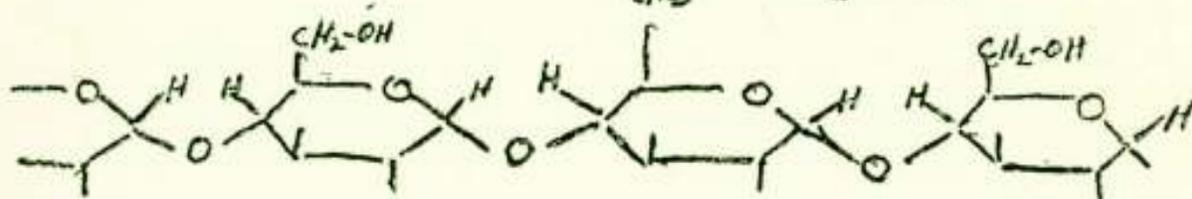
Las dextrinas superiores o eritrodextrinas producen un color rojizo con el yodo, mientras que las dextrinas inferiores o acrodextrinas no dan ninguna clase de reacción coloreada. Una hidrólisis posterior por acción de las enzimas lleva a la producción de maltosa (glucósido 1, 4 glucosa) y finalmente a la producción de glucosa.



PARTE DE UNA MOLECULA DE AMILASA



PUNTO EN QUE SE FORMA UNA CADENA LATERAL EN LA AMILOPECTINA O EN LA MOLECULA DE GLUCOGENO.



El almidón existe únicamente en las plantas, nunca aparece en el organismo animal. El carbohidrato de reserva en el hombre y en los animales es el glucógeno.

Este producto se encuentra en el hígado, en los músculos y en menor cantidad en los tejidos. El peso molecular del glucógeno es muy alto, probablemente varios miles. Lo mismo que la amilopectina el glucógeno contiene cadenas ramificadas, de moléculas de glucosa que están unidas entre sí por enlaces glucosídicos del tipo 1, 4 y que se ramifican a expensas del grupo OH que está en la posición 6. El glucógeno da una coloración roja con el yodo.

## Celulosa.

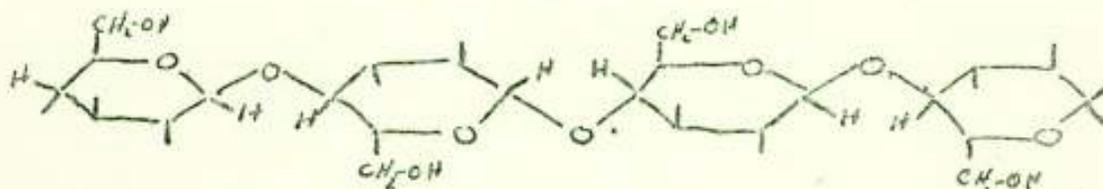
La celulosa es un carbohidrato complejo que existe en una gran variedad de formas. El polisacárido estructural más abundante es la celulosa, componente de las plantas superiores.

La hidrólisis total de la celulosa, empleando ácidos, produce d-glucosa. La hidrólisis parcial produce celobiososa. Todos los estudios parecen indicar que la celulosa es un polisacárido lineal constituido por unidades de glucosa con uniones 1,4.

Los pesos moleculares de las muestras de celulosa son de doscientos mil a dos millones.

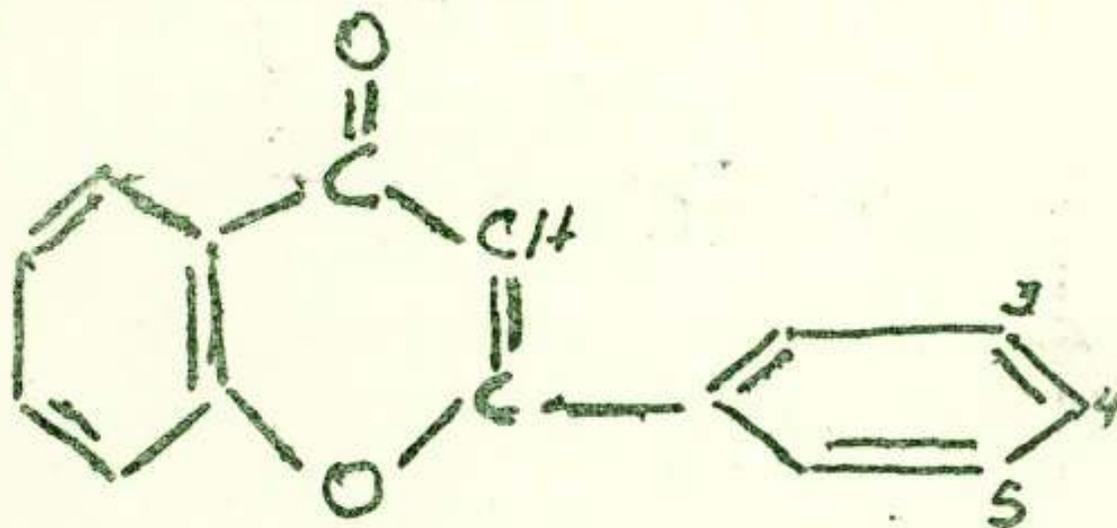
La celulosa que es el carbohidrato de las paredes celulares de los vegetales, es el polisacárido estructural más difundido. La celulosa de manera similar a la amilasa, está constituido por largas cadenas de residuos de glucosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos del tipo 1, 4.

La celulosa es un poli 1,4 glucosido a diferencia de la amilasa, que es un poli 1,4 glucósido.



La celulosa es soluble en sulfato de cobre amoniacal, también se puede solubilizar si se trata con sulfuro de carbono en solución alcalina. Al acidular estas soluciones se precipita celulosa pura. La celulosa está acompañada en la madera de los árboles por otra sustancia insoluble, la lignina.

La estructura de la lignina no está suficientemente aclarada, probablemente está formada por polimerización de flavonas.



Durante la preparación industrial de la celulosa se elimina la lignina por tratamiento con sulfito cúprico, la lignina sulfonada es soluble en agua, mientras que la celulosa permanece insoluble.

Utilización de la celulosa.

El hombre y los animales carnívoros no son capaces de utilizar la celulosa. Los animales herbívoros ingieren celulosa con el forraje verde y esta celulosa se degrada por la acción de las bacterias intestinales y se convierte en productos de descomposición.

La celulosa del trigo tiene dos funciones principales en la dieta del hombre:

a) Estimula la contracción y expansión de los músculos del tracto gastrointestinal.

b) Absorbe y detiene el agua de los contenidos intestinales.

Estas dos funciones ayudan al movimiento normal y a la eliminación del material de deshecho.

Azúcares.

Los principales azúcares encontrados en el trigo son los siguientes: Glucosa (dextrosa), Fructosa (levulosa), Maltosa, Sacarosa (azúcar de caña), Melibiosa y Rafinosa.

Los azúcares anteriormente mencionados se encuentran en el endospermio del grano de trigo pero todos ellos juntos solamente forman el 1-2% del mismo como lo indica la Tabla No. 2.

El germen probablemente contiene alrededor del 20% de carbohidratos solubles principalmente sacarosa y rafinosa. En lo que se refiere al valor nutritivo, tanto el grano de trigo entero como la harina de trigo son excelentes fuentes de carbohidratos digeribles.

Proteínas.

Las proteínas están formadas por la repetición de unidades aminoácidos, los cuales se unen entre sí por el enlace peptídico.

Los enlaces de esta unidad se rompen cuando las proteínas se hierven en presencia de ácidos minerales concentrados y entonces se obtiene una mezcla de aminoácidos cuya fórmula general es  $\text{NH}_2\text{-CH-R-COOH}$ . Las proteínas son los constituyentes más importantes de la materia viva, son indispensables para la vida, se encuentran en todas las células del organismo animal y vegetal.

Hay 2 clases de proteínas en todos los organismos:

1. Las proteínas solubles que se encuentran disueltas en los líquidos de los organismos o en los jugos celulares.

Tabla No. 4

Partes del grano	Proporción del grano %	Nitrógeno %	% del nitrógeno expresado como proteínas	% total de proteínas en grano
Pericarpio	5.79	0.5	2.8	1.7
Testa	2.21	1.7	9.7	2.3
Capa de Aleurona	7.0	3.15	18.0	16.72
Endospermio (externo)	12.5	2.2	12.5	19.72
Endospermio (interno)	57.5	1.0	5.7	41.72
Endospermio (medio)	12.5	1.4	8.0	12.72
Embrión	0.94	5.33	30.4	3.5

CONTENIDO DE PROTEINAS EN EL GRANO DE TRIGO

2. Las proteínas insolubles que forman las membranas u otros elementos estructurales de la célula.

El contenido de proteínas de los tejidos animales es muy alto formando hasta el 80 al 90% de la materia orgánica.

El contenido de proteínas en las plantas es mucho más bajo porque su parte estructural es de tipo carbohidrato es decir formado por celulosa o hemicelulosa.

No obstante se encuentran grandes cantidades de proteínas en los núcleos de las células vegetales y particularmente en las semillas. Las proteínas son substancias extremadamente inestables cuando se exponen sus soluciones a la acción del calor, o de las radiaciones, a los ácidos o a las bases, a los disolventes orgánicos o a las sales de metales pesados, las proteínas sufren un cambio en sus propiedades hasta el punto que muchas de ellas se hacen insolubles. Se llama a este fenómeno desnaturalización de las proteínas, cuando se someten a un calentamiento entre 80°-90°C.

El análisis de las proteínas pone de manifiesto que la mayoría de ellas contienen del 50-55% de C, del 5-7% de H, del 15-18% de N, del 20-25% de O, y del 0.4-2.5% de Azufre. (3).

Las proteínas son un elemento esencial en todas las células vivientes y también sirven como elemento de reserva en la planta. El contenido proteico en el grano de trigo es más bajo en el endospermio interno y aumenta progresivamente en el endospermio medio y en la capa de aleurona, disminuye en el pericarpio. Sin embargo el endospermio constituye la parte más grande del grano y contribuye a formar la mayor cantidad de proteínas (ver Tabla No. 4).

#### Proteínas del trigo.

Entre los principales investigadores de las proteínas del trigo merecen citarse Osborne y Voorhees. Gracias a sus trabajos, se han identificado en la harina cinco proteínas distintas:

- 1) Una albúmina
- 2) Una globulina
- 3) Una proteosa
- 4) Una prolamina (gliadina)
- 5) Una glutelina (glutenina)

Las tres primeras tienen poca importancia y se presentan solo en pequeñas cantidades. La albúmina (aproximadamente el 0.3% del trigo) y la globulina (del 0.6 al 0.7%) pueden extraerse mediante soluciones salinas diluidas. La proteosa (0.3%) se puede formar por degradación de otras proteínas durante el proceso de extracción. La prolina (gliadina) y la glutelina (glutenina) son las proteínas más importantes, ya que con el agua y las sales forman el glúten.

En el trigo, la gliadina se encuentra en una porción superior al 40% (que depende, como es natural de la cantidad total de proteínas); normalmente, la proporción de glutenina es similar.

La gliadina se extrae fácilmente del glúten por digestión con alcohol al 70%. Para que se forme el glúten son necesarias ambas proteínas.

La glutenina comunica solidez al glúten y la ligazón se debe a la gliadina, que es una sustancia blanda y pegajosa. La gliadina fija la glutenina, impidiendo su arrastre en el proceso de lavado del glúten.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos por Osborne y Vaorhees (1893) en el análisis elemental de la glutenina y de la gliadina (6).

Análisis elemental de gliadina y glutenina.

	Gliadina	Glutenina
	%	%
Carbono	52.72	52.34
Hidrógeno	6.86	6.83
Nitrógeno	17.66	17.49
Azufre	1.14	1.08
Oxígeno	21.62	22.26

#### Aminoácidos (10) (6)

Los aminoácidos que el cuerpo humano puede sintetizar en suficiente cantidad para complementar sus necesidades de nutrición son los que se muestran en la columna siguiente:

Aminoácidos esenciales.	Aminoácidos esenciales solamente para el crecimiento de los niños.	Aminoácidos no esenciales
Isoleucina		Ac. Aspártico
Leucina		Cistina
Lisina		Ac. Glutámico
Metionina	Arginina	Glicina
Fenil-alanina	Histidina	Prolina
Treonina		Serina
Triptófano		Tirosina
Valina		

Pence (1950) determinó que el contenido de aminoácidos en el glúten, derivado de 17 variedades de trigo, que habían sido cosechadas en las regiones productoras de trigo más importantes de los Estados Unidos, siendo éstas especies TRITICUM AESTIVUM, TRITICUM COMPACTUM y TRITICUM DUREM, aunque estos trigos mostraban amplio rango de contenido proteico las comparaciones del glúten de sus harinas por lo que respecta a sus aminoácidos eran esencialmente uniformes.

La Tabla No. 5 muestra el contenido promedio de aminoácidos en el glúten basados en los trabajos hechos por Pence en 1950.

Las característica más extraordinaria de estos resultados es el alto contenido de aminoácidos no esenciales y de ácido glutámico. La Tabla No. 6 muestra la distribución de los 10 aminoácidos esenciales en diferentes partes del grano de trigo según formas determinadas por Barton, Write y Moore.

El gérmen por lo general, con algunas excepciones también muestra un contenido mayor de aminoácidos esenciales que en el endospermio interno. Lo que por consecuencia da como resultado que mientras menor sea la extracción de harina en un molino de trigo, será más baja en general el contenido de aminoácidos de la harina resultante.

Lípidos. (grasas y aceites)

A diferencia de los carbohidratos y de las proteínas, los lípidos son solubles en disolventes orgánicos, tales como el éter cloroformo, pero son insolubles en agua. Las grasas y los aceites constituyen la mayoría de los lípidos. Son triglicéridos, es decir, esteres que están formados por combinación de la glicerina con tres moléculas de ácido graso.

Tabla No. 5

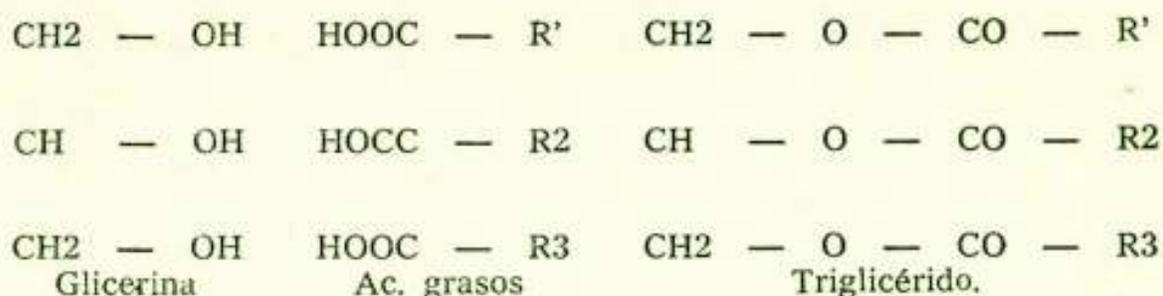
Amino-ácidos contenido sen el glúten  
del trigo.

Amino-Acidos	Gramos de aminácidos por 100 gramos de proteínas.
Alanina	2.0
Arginina	4.3
Acido Aspártico	3.4
Histidina	2.1
Isoleucina	4.2
Leucina	6.9
Lisina	1.6
Metionina	1.7
Fenilalanina	4.9
Trecnina	2.4
Triptófano	1.0
Valina	4.3

DISTRIBUCION DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN EL TRIGO

AMINO-ACIDOS	ENDOSPERMIO INTERNO %	ENDOSPERMIO EXTERNO %	SALVADO %	GERMEN %	HARINA INTEGRA %
Arginina	2.92	4.50	7.53	6.20	3.81
Histidina	1.65	1.74	1.68	3.03	1.65
Isoleucina	7.02	6.56	4.50	5.23	6.97
Leucina	9.14	7.98	6.52	7.33	8.27
Lisina	1.92	2.60	3.87	5.44	2.80
Metionina	1.12	1.40	1.09	1.28	1.32
Fenilalanina	3.95	3.43	%	2.47	3.68
Treonina	2.56	2.72	2.85	6.28	2.78
Tripófano	0.93	1.12	1.83	0.90	1.03
Valina	3.65	4.02	4.10	4.20	4.00

Tabla No. 6



En las tablas No. 2 y No. 3 el contenido de grasa del trigo integral es de aproximadamente 2%, mientras que el contenido de grasa en harina blanca y de germen son de aproximadamente del 1% y 8% respectivamente.

Las grasas son importantes para la nutrición del hombre:

- a) Como una fuente concentrada de energía.
- b) Como vehículo para vitaminas solubles en grasa.
- c) Como fuente esencial de los ácidos grasos, linolénico y ácido linólico.

Las grasas del grano de trigo están presentes obviamente no en suficiente cantidad, no como para desempeñar un papel importante como fuente de energía.

Sin embargo son importantes como vehículos de vitaminas E.

Minerales.

La tabla No. 7 muestra el contenido de minerales en el grano de trigo y en la harina de trigo obtenidos por los trabajos hechos por Both en 1946.

El porcentaje de materia mineral en la harina es pequeña, no obstante influye extraordinariamente en la calidad y comportamiento de la misma. La materia mineral se encuentra en el residuo que queda cuando se incinera la harina, las materias orgánicas como el almidón, las proteínas, los azúcares etc., se queman, pero la materia mineral permanece en forma de ceniza.

El porcentaje de materia mineral de la harina está en relación directa con el grado de extracción de la misma, siempre y cuando no se le hayan añadido materias minerales extrañas. La materia mineral del trigo está constituida principalmente por fosfato potásico aunque también contiene algo de fosfato de magnesio, etc.

Parece ser que el fósforo inorgánico del trigo y de la harina se encuentra principalmente como ortofosfato mono y dipotásico; es decir, en forma de  $\text{PO}_4, \text{H}_2 \text{K}$  y  $\text{PO}_4 \text{KH}_2$ . El primero es neutro al anaranjado de metilo, pero ácido a la fenolftaleína y a él se debe, con toda probabilidad la mayor parte de la acidez titulable de la harina sana cuando se valora en extracto acuoso en presencia a la fenolftaleína.

Contenido promedio aproximado de los elementos químicos en el grano de trigo y en harina blanca.

Tabla No. 7

No Minerales	Grano de trigo %	Harina %
Carbón	45.0	45.0
Oxígeno	44.0	45
Hidrógeno	6.4	6.4
Nitrógeno	2.5	2.2
Minerales		
Potasio	0.45	0.15
Fósforo	0.38	0.13
Azufre	0.20	0.13
Magnesio	—	—
Cloro	—	—
Calcio	—	—
Sodio	—	—

El fosfato dipotásico,  $PO_4 HK_2$ , neutro a la fenolftaleína, es alcalino al anaranjado de metilo, siendo responsable probablemente de la alcalinidad titulable de la harina frente al último indicador (6).

Descripción de las variedades de trigo recolectadas para su nixtamalización.

El trigo es una planta monocotiledona de la familia Gramínea género *Triticum*.

A) Sonora 64.

Es una variedad de trigo que tiene un tallo que alcanza una longitud de 32 pulgadas, (78 Cms.) su espiga es barbona, de paja fuerte, el grano de color rojo, moderadamente susceptible al Chahuiztle (8).

B) Siete Cerros 66.

Es una variedad de trigo que tiene un tallo que alcanza una longitud de 37 pulgadas (94 cm.), mediante tardío, su tallo es medianamente fuerte, su espiga es barbona, de color rojo. Con ciertas variaciones en la altura de las plantas y glumos color bronce tenaz, se recomienda sembrarla en la zona norte (8).

C) Pénjamo 62.

Es una variedad de espiga barbona, de madurez intermedia, de muy alto rendimiento y resistente al ácaro. Es moderadamente susceptible al de la hoja. Su grano es rojo, de buen peso y con glúten flojo (8).

D) Nadadors 63.

Es una variedad de espiga barbona, de ciclo tardío, de alto rendimiento y moderadamente resistente a los Chahuixtles del tallo y de la hoja (8). Esta variedad es de desarrollo lento, debido a éstas características puede cubrir parcialmente las necesidades de un trigo para pastores.

El cuadro No. 3 indica la producción triguera por variedades en la Costa de Hermosillo en porcentaje.

Producción triguera, por grupo de variedades en la Costa de Her-  
mosillo.

Variedades Agrupadas	Porcentaje de la producción total.
Grupo I	
Tobari, Noroeste 66, Inia 66, Ciano 67.	19.15 %
Grupo II	
Nañadores 63, Norteño Sonora, Pitic.	2.69 %
Grupo III	
Lerma Rojo 64, Bajío.	6.04 %
Grupo IV	
Pénjamo, Siete Cerros Super X.	72.04 %
Grupo V	
Oviáchic 65, Gabo	0.08 %

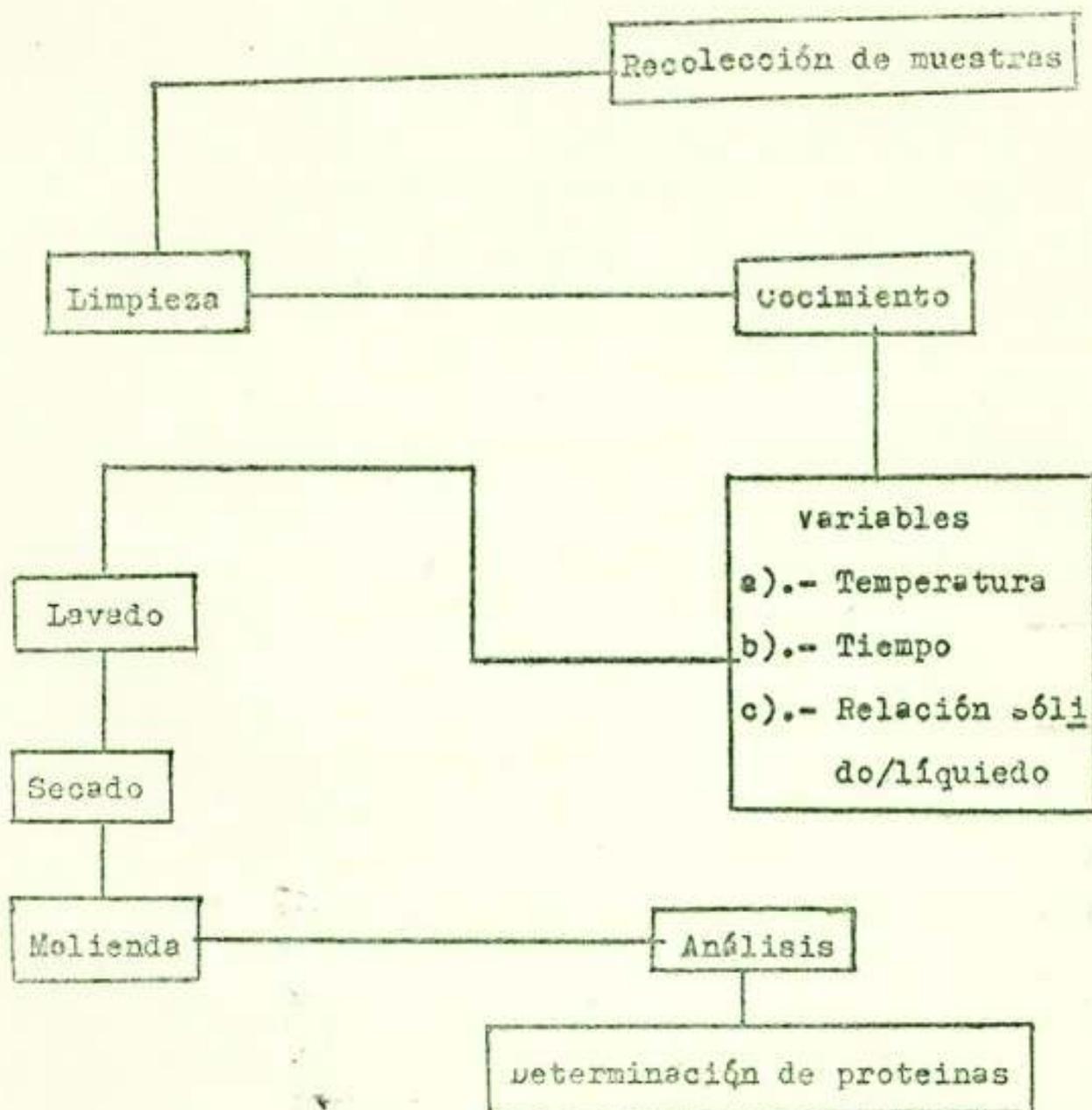
Ciclo 1967—1968.

Cuadro No. 3

TRABAJO EXPERIMENTAL

En el diagrama siguiente se presenta en forma condensada el plan general de trabajo seguido en ésta investigación.

### PLAN GENERAL DE TRABAJO



## A. Selección de las variedades de trigo.

Para el desarrollo del presente trabajo se dispuso de las siguientes variedades de grano de trigo: *Triticum aestivum* (Sonora, Siete Cerros, Pénjamo y Nadadores).

Se analizaron para determinar la cantidad de proteínas en harina de trigo y en harina de trigo nixtamalizado.

Las proteínas están formadas por cadenas de aminoácidos unidas entre sí por enlaces peptídicos. Para su determinación se empleó el de Macro\_Kjeldhal (3).

## B. Nixtamalización.

En la nixtamalización del grano de trigo se siguió el mismo procedimiento que en la nixtamalización del maíz.

Esta operación consiste en agregar una cantidad adecuada de CaO (cal) y agua. En la nixtamalización del maíz se usan para 392 Kg. de maíz, 4.5 Kg. de CaO a un tiempo de 6 horas y a una temperatura de 60°C (12).

Después de las 6 horas se deja reposar el maíz con el CaO y el agua sin lavar durante 5-6 horas como mínimo o por 24 horas, hasta 48 horas como máximo.

De los datos obtenidos anteriormente se sacaron la relación sólido-líquido, para la nixtamalización del trigo.

## C. Molienda.

El procedimiento empleado para la obtención de harina fue el de molienda, usando molino Miag.

Este molino es el que dio mejores resultados en ésta clase de molienda, es un tipo esencial que alcanza 150-170 r.p.m.

Tiene una serie de tamices intercambiables que permiten recoger el producto de la molienda de la finura deseada.

Aunque se puede hacer uso de otros molinos éste tiene la ventaja de que en una sola operación muele y tamiza el grano separando así la cascarilla, germen y finura del grano, dejando pasar por el último tamiz una suspensión de harina que es el fin de ésta etapa del proceso.

En éste trabajo, la operación anterior se realizó en etapas separadas:

1. Molienda del grano.
2. Tamizado del producto de molienda.

Antes de iniciar la primera etapa, el grano se sometió a un proceso de limpieza por medio de tamices y lavados con agua de la llave para después secarlos completamente a temperatura ambiente por 24 horas.

#### 1. Molienda del grano.

Para efectuar la molienda se utilizó un molino tipo Miag a base de secciones cónicas estriadas, de esta manera los granos procesados en la etapa anterior se trituraron para fraccionarlos en sus diferentes constituyentes.

#### 2. Tamizado del producto de molienda.

Esta operación que consiste en la separación de una mezcla de partículas de diferentes tamaños, se realizó haciendo pasar el producto de la molienda a una serie de tamices de 9xx, 8xx, 60gg, 42gg, 22mm, y 20mm, de abertura entre hilos respectivamente. Las fracciones que no se pasaron por los tamices, se suspendieron de nuevo para someterse a otra operación de tamizado.

De ésta manera se obtuvo un producto final, el cual pasó a través del tamiz más fino (9xx), mientras que las fracciones restantes quedan como remanentes en los tamices.

Los datos que a continuación se dan se obtuvieron de las 4 variedades de trigo: Sonora, Siete Cerros, Nadadores y Pénjamo.

Se obtuvieron resultados desde 6 horas como máximo y 1 hora como mínimo, con la misma cantidad de trigo, pero variando la concentración de CaO.

#### D. Secado.

El secado se llevó a cabo a temperatura ambiente durante 24 horas.

#### Muestra M.1

Se puso en un matraz de 1000 ml. 28 g. de trigo, con una concentración de 2 g. de CaO, un tiempo de 5 horas, a una temperatura de 98°C y con 70 ml. de agua.

#### Cocimiento.

Se realizó a una temperatura de 98°C, manteniéndose esa temperatura durante 3 horas. A esta temperatura, los granos de trigo se observaron bastantes duros, se dejó la muestra durante 2 horas más (5 horas), se siguieron observando los granos, evaporándose el agua completamente. Se le añadió igual cantidad de agua, se dejó reposar durante 5 horas sin quitarle el agua y el CaO, después de éste tiempo se lavó con agua hasta quitarle completamente el CaO, secándose en un horno a 60°C durante 3 horas.

Molienda.

La molienda se hizo usando molino Wiley con malla de 1/2 mm. (4275 c).

Muestra M-2

Se puso en un matraz de 1000ml. 28 g de muestra de trigo, con una concentración de 4 g. de CaO, 70 ml. de agua, a una temperatura de 98°C y con un tiempo de 5 horas.

Cocimiento.

Se calentó durante 5 horas observándose los granos duros, se evaporó el agua, agregándose igual cantidad de agua. Los granos se observaron duros, incoloros y sin sabor.

Molienda.

La molienda se hizo usando molino Wiley con malla de 1/2 mm. (4275 C).

Muestra M.3

Se puso en un matraz de 1000 ml. 28 g. de muestra de trigo, 400 ml. de agua, con una concentración de CaO de 8 g. a una temperatura de 60°C y con un tiempo de 6 horas.

Cocimiento.

Se calentó la mezcla de CaO y agua, a una temperatura de 60°C se agregó la muestra de trigo, manteniéndose la temperatura durante 6 horas. A las 3 horas se observó que el agua se evaporó completamente añadiéndose igual cantidad de agua. Después de éste tiempo se lavó el nixtamal con agua hasta quitarle completamente el CaO, secándose en un horno durante 3 horas. El secado es difícil a ésa temperatura, y a ése tiempo, secándose la muestra a temperatura ambiente por 24 horas.

Molienda.

La molienda se hizo usando molino Wiley con malla de 1/2 mm. (4275 C).

Datos Generales.

De las 3 muestras anteriores se deduce que M-3 que se nixtamalizó con 8 g. de CaO, 28 g. de trigo, a 60°C y a 6 horas de calentamiento es la que dio mejor resultado que las otras muestras.

En la nixtamalización del maíz se calienta el CaO, agua y a 60°C se agrega la muestra y se mantiene ésa temperatura constante durante 6 horas. Después ese calentamiento se deja reposar el nixtamal por 5 o

6 horas sin lavar. Pasado ese tiempo se lava hasta quitarle completamente el CaO e inmediatamente se hace la molienda para obtener la masa.

El nixtamal de maíz si se quiere usar inmediatamente después de las 6 horas de calentamiento a 60°C se tiene que dejar reposar por 5 o 6 horas sin quitarle el CaO y el agua, no se puede usar antes de éste tiempo porque se obtiene una masa bastante pegajosa y difícil de amasar y hacer tortillas (2).

Se puede conservar el nixtamal sin lavar por 5 o 6 horas como mínimo, o por 24 horas hasta 48 horas como máximo. En la nixtamalización el CaO se usa para ablandar el grano y para quitar la capa externa del grano o pericarpio. En el maíz nixtamalizado la capa externa del grano es de un color blanco o amarillo claro, es por eso que la harina se obtiene de un color blanco.

En el trigo nixtamalizado no sucede lo mismo, en la nixtamalización el pericarpio tiene un color un poco más oscuro, obteniéndose una harina de un color café oscuro al hacer la molienda en molino Wiley.

El grano de trigo nixtamalizado cuando está completamente seco llega a tener un 9% de humedad, el grano se observa de un color café oscuro y bastante duro.

En las determinaciones anteriores la molienda se hizo en molino Wiley y con 9% de humedad. Se obtuvo una harina de un color café oscuro debido a que no hubo una separación completa del pericarpio. Usando otro tipo de molino, como el Miag y entre 16-17% de humedad se obtuvo una harina de un color café claro debido a que hay una buena separación del pericarpio. En el molino Miag si se hace la molienda del grano nixtamalizado con un 9% de humedad, la harina se obtiene de un color café oscuro, fácil de moler por estar el grano bastante seco con este % de humedad no llega a ablandarse la capa externa por lo tanto en la molienda se obtiene la harina con el pericarpio, que es lo que hace que la harina se oscurezca.

Con las variedades de trigo que se trabajaron Sonora, Siete Cerros, Nadadores y Pénjamo se hicieron varias determinaciones cambiando el tiempo de calentamiento, temperatura y concentración de cal, se observó que la variedad de Pénjamo es la que dio mejores resultados por ser uno de los trigos más blandos que existen en esta región obteniéndose una harina de un color café claro.

En las variedades Sonora, Siete Cerros y Nadadores, se obtuvo una harina de un color café oscuro debido a que la dureza del trigo es mayor.

En la nixtamalización del grano de trigo se siguieron los mismos procedimientos que en la nixtamalización del maíz, obteniéndose una harina bastante oscura, pegajosa y difícil de amasar, porque después de nixtamalizar se dejó reposar el grano de trigo con el CaO y agua sin lavar durante 5 o 6 horas como mínimo, como se hace con el nixtamal

de maíz, después de éste tiempo se lavó con agua hasta quitarle completamente el CaO y se sometió al proceso de secado hasta que se obtuvo un % de humedad entre 16-17%.

Se hizo la molienda en molino Miag, obteniéndose una harina de un color café oscuro a pesar de que hubo una buena separación de la capa externa del grano.

Después de éste reposo de 5-6 horas con el CaO y agua el grano se observó bastante blando, pudiéndose separar la capa externa con bastante facilidad, notándose demasiado cocido el grano obteniéndose por eso una harina un poco oscura.

Es por eso que después de la nixtamalización de 4 horas que es la que dió mejores resultados, se lavó inmediatamente con agua, sin dejarlo reposar por 5 o 6 horas, hasta quitarle la cal, secándose por 24 horas, hasta obtener una humedad entre 16-17%.

Se hace la molienda en molino Miag, obteniéndose así una harina de un color café claro, fácil de amasar y hacer tortillas.  
Determinación de proteínas.

En ésta determinación se usó el método Macro-Kjedhal. Se determinó proteínas en harina de trigo y en harina de trigo nixtamalizado, observándose muy poca diferencia en el porcentaje de proteínas.

El porcentaje de proteínas disminuyó en el trigo nixtamalizado probablemente por el aumento de la temperatura ya que las proteínas son muy inestables a altas temperaturas.

En el método Macro-Kjeldahl se usaron los siguientes reactivos:

- a)  $H_2SO_4$  concentrado
- b)  $Cu_2SO_4 \cdot 5H_2O$
- c)  $K_2SO_4$
- d) Solución de NaOH 40%
- e) Solución de HCL 0.1 N
- f) Solución NaOH 0.1 N
- g) Solución de rojo metilo

El fundamento del método es la descomposición de la materia orgánica con el ácido sulfúrico concentrado, transformado el nitrógeno presente en el sulfato de amonio y por medio de un álcali fuerte se libera el amoníaco equivalente al nitrógeno presente en la muestra (4).

Blanqueadores.

En algunos molinos usan como blanqueador un polvo fino blanco llamado comunmente "Nova de Lox" que es un blanqueador a base de peróxido de benzoilo (6).

El Nova de Lox es un polvo que se usa directamente de 10—18g. de éste blanqueador para 100 Kg. de harina de trigo, dejando la harina en reposo durante 24 horas.

En la harina de trigo nixtamalizado éste blanqueador no fue efectivo debido a que la harina en la primera molienda ya se obtiene de un color café claro, no blanca como en la harina de trigo, debido a que el trigo nixtamalizado a las 4 horas de nixtamalización ya está completamente cocido y es por eso que la harina sale de un color café claro.

RESULTADOS.

A. Resultados obtenidos en la selección de variedades.

Grano de trigo.	% de proteínas en Harina de Trigo.	% de Proteínas en Harina de Trigo Nixtamalizado.
Sonora	13.0 %	12.0 %
Siete Cerros	10.0 %	9.1 %
Nadadores	11.0 %	10.6 %
Pénjamo	11.3 %	10.4 %

No se observan cambios significativos en el % de proteínas en harina de trigo y en harina de trigo nixtamalizado.

B. Resultados obtenidos en la extracción de harina de trigo nixtamalizado.

Los resultados de las pruebas realizadas a 98° y 60° y con 3 distintas relaciones de sólidos líquido agrupados en la tabla No. 1, tabla No. 2 y tabla No. 3, se obtuvo una harina bastante obscura y difícil de amasar, no pudiéndose hacer tortillas.

Se usó molino Wiley con malla de 1/2 mm. (4275 C) después de lavar y secar perfectamente.

Datos Generales.

Variedad: Sonora

Muestra de trigo ————28 g.

Siete Cerros

Cantidad de agua ————70 ml.

Pénjamo

CaO (cal) ———— 2 g.

Nadadores

Tiempo	Temperatura	Aspecto General	Capa Externa	Capa Interna
1 hora	98	No se observan cambios.	Dura	Dura
2 horas	98	No se observan cambios.	Dura	Dura
3 horas	98	No se observan cambios.	Dura	Dura
4 horas	98	No se observan cambios.	Dura	Dura
5 horas	98	Ligeramente blando.	Dura	Dura
6 horas	98	Ligeramente blando.	Dura	Dura

Tabla No. 1

Datos Generales.

Variedad: Sonora Muestra de trigo ————28 g.  
 Siete Cerros Cantidad de agua ————70 ml.  
 Pénjamo CaO (cal) ———— 2 g.  
 Nadadores

Tiempo	Temperatura	Aspecto General	Capa Externa	Capa Interna
1 hora	60	No se observan cambios.	Dura	Dura
2 horas	60	No se observan cambios.	Dura	Dura
3 horas	60	No se observan cambios.	Dura	Dura
4 horas	60	No se observan cambios.	Dura	Dura
5 horas	60	Ligeramente blando.	Dura	Dura
6 horas	60	Ligeramente blando.	Dura	Dura

Tabla No. 2

Tiempo	Temperatura	Aspecto General	Capa Externa	Capa Interna
1 hora	50			
	60	No se observan	Dura	Seca
	70	cambios.		
2 horas	50	No se observan		
	50	cambios.	Dura	Seca
	60	Un poco blando.	Dura	Seca
	70	Un poco blando.	Dura	Seca
3 horas	50			
	60	Blando, inodoro y	Ligeramente	Ligeramente
	70	sin sabor.	blanda.	Seca
4 horas	50			
	60	Blando, con olor y	Blanda y fácil	Blanda y ligera-
	70	sabor a nixtamal.	de desprender.	mente cocida.
5 horas	50			
	60	Blando, con olor y	Blanda y fácil	Blanda y ligera-
	70	sabor a nixtamal.	de desprender.	mente cocida.
6 horas	50	Completamente reventa-		
	60	do, con olor y sabor	Blanda y fácil	Blanda y completa-
	70	a nixtamal.	de desprender.	mente cocida.

Variedad: Sonora

Muestra de trigo

28 g.

CaO (cal)

8 g.

Tabla No. 3

Agua

400 ml.

Tiempo	Temperatura	Aspecto General	Capa Externa	Capa Interna
1 hora	50 60 70	No se observan cambios.	Dura	Seca
2 horas	50 60 70	No se observan cambios. Un poco blando. Un poco blando.	Dura Dura Dura	Seca Seca Seca
3 horas	50 60 70	Blando, inodoro y sin sabor.	Ligeramente blanda.	Ligeramente Seca
4 horas	50 60 70	Blando, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y ligeramente cocida.
5 horas	50 60 70	Blando, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y ligeramente cocida.
6 horas	50 60 70	Completamente reventado, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y completamente cocida.

Variedad: Siete Cerros.

Muestra de trigo

28 g.

CaO (cal)

8 g.

Tabla No. 4

Agua

400 ml.

Tiempo	Temperatura	Aspecto General	Capa Externa	Capa Interna
1 hora	50 60 70	No se observan cambios.	Dura	Seca
2 horas	50 60 70	No se observan cambios. Un poco blando. Un poco blando.	Dura Dura Dura	Seca Seca Seca
3 horas	50 60 70	Blando, inodoro y sin sabor.	Ligeramente blanda.	Ligeramente Seca
4 horas	50 60 70	Blando, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y ligeramente cocida.
5 horas	50 60 70	Blando, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y ligeramente cocida.
6 horas	50 60 70	Completamente reventado, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y completamente cocida.

Variedad: Nadadores

Muestra de trigo

28 g.

CaO (cal)

8 g.

Tabla. No. 5

Agua

400 ml.

Tiempo	Temperatura	Aspecto General	Capa Externa	Capa Interna
1 hora	50 60 70	No se observan cambios.	Dura	Seca
2 horas	50 60 70	No se observan cambios. Un poco blando. Un poco blando.	Dura Dura Dura	Seca Seca Seca
3 horas	50 60 70	Blando, inodoro y sin sabor.	Ligeramente blanda.	Ligeramente blanda. Seca
4 horas	50 60 70	Blando, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y ligeramente cocida.
5 horas	50 60 70	Blando, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y ligeramente cocida.
6 horas	50 60 70	Completamente reventado, con olor y sabor a nixtamal.	Blanda y fácil de desprender.	Blanda y completamente cocida.

Variedad: Pénjamo.

Muestra de trigo

28 g.

CaO (cal)

8 g.

Tabla No. 6

Agua

400 ml.

EVALUACION DE RESULTADOS.

1. El grano de trigo que dió mejores rendimientos fue la variedad Pénjamo, tabla No. 6, a una temperatura de 60°C y a un tiempo de 4 horas, probablemente debido a su consistencia más blanda y por consiguiente más fácil de manejar.

A los niveles en que se trabajó, la temperatura y la relación sólido-líquido estudiadas en ésta investigación, parecen tener relación con las establecidas por otros estudios, tabla No. 1 y tabla No. 2.

La molienda se hizo usando molino Miag, obteniéndose una harina de un color café claro, fácil de amasar y hacer tortillas, con color y sabor agradable semejante a las tortillas de maíz.

2. Los análisis de proteínas en la harina de trigo nixtamalizado, obtenidas en el presente estudio, arrojaron valores menores que las muestras comerciales.
3. Los rendimientos mayores se obtuvieron con la concentración más elevada de CaO (8 g.) con un tiempo de 4 horas, siendo la temperatura la de 60°C la que dió mejores resultados.

Para fijar las concentraciones y temperaturas óptimas se instaló en el experimento en la tabla No. 6 comprobándose que la mejor temperatura era la de 60°C.

4. Se disminuyó la relación sólido-líquido, reduciéndose la concentración de CaO, y se variaron el tiempo y la temperatura. Se encontraron rendimientos bajos, pensándose que se debían a la relación sólido líquido y a la disminución en la concentración del CaO.
5. En la tabla No. 1 y tabla No. 2, se encontraron los resultados de un estudio que está en continuidad con los datos obtenidos en las tablas No. 3, tabla No. 4, tabla No. 5 y tabla No. 6 con el fin de observar si aumenta el rendimiento al aumentar el tiempo, relación sólido-líquido y temperatura.
6. En las tablas No. 1 y tabla No. 2, se obtuvo una harina bastante oscura difícil de amasar y hacer tortillas. Se usó molino Wiley con malla de 1/2 mm. (4275 C).
7. En las tablas No. 3, tabla No. 4 y tabla No. 5 se obtuvo una harina de un color oscuro, debido a la dureza de trigo. Se hizo la molienda usando molino Miag.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De los datos obtenidos concluimos lo siguiente:

1. Es de gran importancia la variedad de grano empleado en la obtención de rendimientos satisfactorios.

El grano que dá mejores resultados fue la variedad Pénjamo. Lo anterior hace suponer que ésta variedad tiene una consistencia más blanda y por lo tanto es más fácil de obtener la harina de trigo nixtamalizado.

2. A los niveles a que se trabajó el tiempo, la temperatura y la relación sólido-líquido, estudiadas en ésta investigación, parecer tener significación en los resultados en relación con los establecidos por otros trabajos.

3. La temperatura más conveniente para la producción de harina de trigo nixtamalizado es de 60°C. De las 3 temperaturas experimentadas es la que dio mayor rendimiento y a un tiempo de 4 horas.

4. La molienda se debe hacer entre 16—17 % de humedad.

El presente trabajo está sujeto a posibles mejoras, en vista de que es el primer intento que se hace en éste campo.

Recomendamos en un trabajo posterior:

- a) Investigar otras variedades de grano para encontrar mejores rendimientos.
- b) Mejorar la etapa de molienda por medio de otros molinos capaces de someter el grano a una trituration más fina para recuperar mayor cantidad de harina.
- c) Estudiar mejores condiciones de trabajo en el proceso de secado y blanqueo, que no fueron estudiados en la presente investigación.

BIBLIOGRAFIA.

1. Asociación de Organismos de Agricultores del Norte, A. C. "Economía, Administración y Estadísticas Agrícolas". Vol. 1, Págs. 39—42 (1968).
2. Comunicación personal.
3. Harrowitz, F. "Introducción a la Bioquímica", Ediciones Omega, Barcelona, Págs 114—143—248. (1959).
4. Howar O. Triebold and Leonard W. Aurand. "Food Composition and Analysis", 1a. Edición, Págs. 26—27 (1963).
5. Informes del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. (C.I.C.T.U.S.)
6. Kent-Jones, D. W y Amos A. J. "Química Moderna de Cereales, "1a. Edición Editorial Aguilar, S. A. Madrid Págs. 17—18—22 (1956).
7. "Norma Oficial para Harina de Maíz Nixtamalizado para tortillas", Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Normas. México 1a. Norma, Tomo VI, Pág. 1—4 México (1969).
8. Organo Informativo de la Asociación de Organismos de Agricultores del Norte de Sonora, A. C. Vol. 1, Págs. 18—19 (1969).
9. Oronoz M. Ruiz y Nieto Roaro D. "Trato Elemental de Botánica", 7a. Edición, Editorial Porrúa, S. A. Págs. Méxic 1o962.
10. Peterson, R. F. "What", 1ra. Edición, Leonard Hilla Boods, New York, Págs. 259—303 (1965).
11. Quisenberry D. S. y Reitz L. P. "Wheat and Wheat Improvement", 1a. Edición, The American Society of Agronomy, Inc, Winsconsin, U. S. A. Pág. 99 (1967).
12. "Viabilidad de una Planta de Harina de Maíz", Gobierno del Estado de Sonora, Dirección de Planeación y Fomento Industrial (1964).