

SELECCIÓN DE VARIEDADES DE MAIZ PARA LA  
ELABORACION DE HARINA NIXTAMALIZADA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ciencia de Alimentos

**“SELECCION DE VARIEDADES DE MAIZ PARA LA  
ELABORACION DE HARINA NIXTAMALIZADA”**

**ANA CRISTINA BILLEB SOLIS DE SINIBALDI**

Trabajo de investigación presentado para optar  
Al grado académico de

Licenciada en Ingeniería y Ciencia de Alimentos

Guatemala

1997.

Vo. Bo. :

(f) Ricardo Bressani  
Doctor Ricardo Bressani  
Asesor

Tribunal:

(f) Patricia de Palomo  
Licenciada Patricia Palacios de Palomo

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Ricardo Bressani  
Doctor Ricardo Bressani

Fecha de Aprobación: 21 de Octubre de 1997.

## DEDICATORIA

A Dios, Quien me lo ha dado todo.

A la memoria de mi padre, Ing. Juan Francisco Billeb Arzú, quien con mucha ilusión y esfuerzo, me apoyó a lo largo de toda mi carrera.

A mi madre, Miriam Solís de Billeb, por su dedicación y sacrificios.

A mi esposo, Ing. Carlos Estuardo Sinibaldi Palacios, por su amor y apoyo incondicional.

A mi abuelita, Cristy Arzú de Billeb.

A mis suegros: don Carlos y doña Sonia.

A mis hermanos: Federico Alberto y José Francisco.

A mis cuñados: Janina, María Fernanda, Aldo Enrique, Luis Emilio y José Alejandro.

A mis sobrinos, tíos y primos.

A mis profesores, compañeros y amigos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi agradecimiento al Sr. Ricardo Bressani por su interés y valiosa colaboración al proporcionar las muestras de las diferentes variedades de maíz utilizadas en este estudio.

Asimismo, a la empresa DEMAGUSA, por haberme permitido el acceso a sus instalaciones para utilizar su equipo de laboratorio.

Y muy especialmente, al Dr. Ricardo Bressani, quien en todo momento demostró su interés y apoyo por el desarrollo de este trabajo, contribuyendo con sus amplios conocimientos y experiencia al desarrollo y logro de los resultados obtenidos.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se estudiaron once diferentes variedades de maíz, (HB-83, HR-93, HR-5, HR-15, HR-17, A-775, A-7530, HS-7G, P-3086, P-3001 y HS-5G), cosechadas al mismo tiempo en el departamento de Retalhuleu, Guatemala, con el fin de seleccionar las más adecuadas para la elaboración de harina nixtamalizada.

Se tomaron en cuenta todos los aspectos importantes que afectan tanto al proceso como a la calidad del producto final. Para ello, primero se estudiaron las características físicas del grano, determinando la humedad, muy similar para todas las muestras (Prom. 13.27%); peso de 1,000 granos, cuyo valor promedio fue de 312.5g, indicando que las muestras tienen en su mayoría granos grandes; la dureza (por medio de la densidad (Prom. 1.28g/ml) e índice de flotadores (9.49%)), encontrando que todas las variedades tienen un endosperma muy duro, factor que se relaciona directamente con las condiciones de procesamiento.

Luego se determinó la composición morfológica porcentual (pericarpio (5.72%), germen (11.46%) y endosperma (82.81%)), que influye tanto en las pérdidas de materia seca (al eliminar el pericarpio), como en la calidad de la harina.

A continuación, se analizó la calidad de cocción del grano, utilizando el método tradicional de nixtamalización, cocción alcalina, por 60min con 1.2% de cal y 200ml de agua por cada 50g de muestra a 96°C. Los resultados se basaron en la determinación de pérdidas de materia seca (3.22% Prom.), porcentaje de cáscara residual luego del lavado (0.82%), absorción de agua (con un valor promedio sin remojo de 40.79% y con remojo

de 46.95%) y humedad de nixtamal, con remojo de 12 h, en el agua de cocción a temperatura ambiente (47.89%) y sin remojo (41.53%).

Luego se elaboró la harina nixtamalizada, utilizando un deshidratador de bandejas y un molino de granos manual, obteniendo un producto de granulometría un poco mayor, y humedad un poco menor a la de las harinas comerciales (4.88% <10-12%).

Las pruebas de la masa consistieron en la determinación de la adhesividad (0.46), resistencia (31.82g) e índice de penetración para la harina hidratada (178.67mm), además de la medición de pH (7.97), índice de absorción (3.23g gel/g harina) y el índice de sólidos solubles (4.11%). Los resultados mostraron variaciones entre sí, por la influencia de la granulometría, y el tiempo de hidratación.

Por último se evaluó la calidad de las tortillas de harina hidratada, determinando el rendimiento (cantidad de agua agregada, con un promedio de 131.67g agua/100g de harina), humedad (46.86%), índice de rolabilidad (basándose en las rajaduras de la tortilla al enrollarla) y evaluación sensorial, comparando las muestras entre sí en una prueba de preferencia.

Al analizar los resultados se encontró que la adecuación de las variedades al proceso de nixtamalización según los parámetros medidos, depende de las características deseadas habiendo elegido las muestras A-7530, HS-7G, HR-15, HR-5, HB-83 y HS-5.

## INDICE

	Páginas
RESUMEN	i
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
A. EL MAIZ	2
B. PROCESO DE NIXTAMALIZACION	4
III. JUSTIFICACION	13
IV. OBJETIVOS	15
V. HIPOTESIS	16
VI. MATERIALES Y METODOS	17
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL	20
VIII. RESULTADOS Y DISCUSION	21
IX. CONCLUSIONES	43
X. RECOMENDACIONES	46
XI. BIBLIOGRAFIA	47
APENDICE A	49
RESULTADOS DE ANALISIS	50
APENDICE B	55
METODOLOGIA DE LOS ANALISIS	56
APENDICE C	65
RESULTADOS DE ANALISIS ESTADISTICO	66

## I. INTRODUCCION

Durante siglos, el maíz ha sido y sigue siendo, el grano básico de la alimentación de la mayor parte de la población rural, tanto en Guatemala como en México y los países de Centro América. Este grano es consumido en su mayoría en forma de “tortillas”, elaboradas con una masa preparada por medio de un proceso de cocción alcalina conocido como “Nixtamalización”. Debido a lo lento y elaborado de este proceso, en los últimos años se ha incrementado el consumo de tortillas preparadas con harina de maíz, hecha con masa nixtamalizada deshidratada, siendo cada vez mayor el número de personas que la prefieren al procedimiento tradicional.

La calidad y características del grano de maíz son esenciales para la elaboración de la harina, tanto para las condiciones del proceso como para obtener un producto final de buena calidad.

Debido a la gran importancia que tiene este producto en la dieta de la mayor parte de los habitantes de nuestro país, he realizado el estudio de “Selección de variedades de maíz para la elaboración de harina nixtamalizada”.

El estudio consistió en analizar las características tanto del grano, como de la masa, harina y tortilla de harina hidratada, para 11 diferentes variedades de maíz con el fin de elegir las más adecuadas para el proceso, tanto por su buen comportamiento durante el procesamiento, como por la aceptación de las características de su producto final.

## II. ANTECEDENTES

### A. EL MAIZ

#### 1. Generalidades:

El maíz pertenece a la familia Graminae, conocido botánicamente como *Zea mays* Linnaeus, es un cereal originario del área de México y Centro América, que ha sido cultivado por más de 500 años, expandiéndose su cultivo ampliamente en toda América y el resto del mundo. (Inglett, 1970).

Existen dos clases principales de maíz: el blanco y el amarillo. El blanco se cultiva en muy pequeñas cantidades. Todo grano de maíz consta de tres partes principales: el germen, pericarpio (cáscara), y endosperma.

Es consumido en varias formas: como vegetal en su forma húmeda y la mayor parte como una fracción específica o modificada del grano original, al someterse a diversos procesos de molienda, fermentación o fritura. Existen distintas variedades, que se diferencian en muchos aspectos además de su color como se indicó anteriormente; los principales grupos conocidos son: maíz de vaina, duro, dulce, palomero, harinoso y ceroso. Se diferencian entre sí por sus composiciones, tejidos, semilla y técnicas de cosecha y postcosecha. El grano cultivado en la región de Centroamérica es principalmente el harinoso. Este es un grano grande, blando y el endosperma se

desmenuza con facilidad, lo que permite una buena molienda, formando una harina. (Desrosier, 1990).

Una característica importante del maíz son las distintas capas de endosperma conocidas como “mealy” y “horny” dentro de un mismo grano. En las capas externas exhibe una textura dura, en este punto la forma de los gránulos es poligonal. Mientras que en las regiones centrales el endosperma cambia a textura suave y su forma es más bien globular que poligonal.

La variedad de maíces disponible puede contener diferentes proporciones de los dos tipos de endosperma. De acuerdo a esto, se pueden clasificar así:

- Maíces “Mealy”: Aquellos con una mayor proporción del endosperma suave. De esta variedad de maíz solo es posible obtener harinas.
- Maíces “Dent”: El más común. Contiene una considerable cantidad de endosperma duro, pero que no logra envolver el endosperma suave.
- Maíces “Flint”: Aquellos con suficiente capa externa que logra envolver a las regiones internas, siendo un maíz muy duro.

Como se mencionó anteriormente, el maíz se consume mundialmente en diversas formas derivadas de un gran número de procesos, sin embargo para fines de este estudio, se hará énfasis en el procesamiento de maíz por cocción alcalina, como lo practicaban las civilizaciones Mayas y Aztecas. (Bressani, 1990a).

## B. PROCESO DE NIXTAMALIZACION

### 1. El Proceso Tradicional: Practicado en las Areas Rurales

El proceso de conversión de maíz practicado en las áreas rurales de los países de Centroamérica y México ha sido ampliamente estudiado, ya que desde los inicios del consumo de maíz las civilizaciones Maya, Azteca y otras poblaciones de América, aplicaban un método de cocción alcalina para convertir el grano en un material útil en la preparación de distintos productos alimenticios (Bressani, 1990a).

Este proceso alcalino, conocido como “nixtamalización”, ha sido estudiado por numerosos autores que han descubierto que las principales variaciones del proceso en los distintos países de Centroamérica y México radican en el nivel de cal agregado al grano y en el rango de tiempo y temperatura de cocción durante el proceso (Bressani, 1990a).

Bressani et al. (1990a) describe que en Guatemala el proceso de nixtamalización casero, utilizando tanto maíz blanco como amarillo, consiste básicamente en la cocción del maíz en un agua alcalina, con una concentración de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) a un nivel que varía entre 0.17% a 0.58% del peso del grano; siendo la razón grano-agua de 1:1.2. Dicha mezcla se cocina a una temperatura de  $94^\circ\text{C}$  por un intervalo de tiempo de 46-67 min. Ya cocido, el producto se deja reposar por un período de 12-14hrs. En este tiempo se reduce la temperatura de cocción a la del medio ambiente y el maíz permanece en un medio alcalino a un pH de 7.5 hasta 9.0 (Bressani, 1990b).

El producto cocido y reposado, es lavado tres o cuatro veces con agua, para eliminar el exceso de cal, un líquido amarillo, la cáscara, el germen, la capa aleurónica e impurezas. El producto obtenido, conocido como "Nixtamal", se convierte en una masa y se utiliza una piedra de moler o un molino de atrición adecuado, siendo los más usados el molino de piedras y el de discos (Inglett, 1970).

El proceso llevado a cabo en México, estudiado por Illescas (1943), como se mencionó anteriormente varía muy poco respecto al de Guatemala. En este caso, involucra la adición de una parte de maíz entero a dos partes aproximadamente de una solución de cal al 1%. La mezcla es calentada hasta 80°C durante 20 a 45 min, y luego reposada durante la noche. Al día siguiente, el nixtamal, es lavado dos o tres veces con agua corriente, por las mismas razones descritas por Bressani (1990 a). La molienda se lleva a cabo en un molino de carne, mientras que en Guatemala generalmente se prefiere utilizar molinos de discos, y en ambos casos se utiliza la piedra de moler únicamente para refinar la masa.

En el proceso de molienda se desarrollan las propiedades cohesivas de la masa. Los gránulos hinchados de almidón gelatinizado, se rompen y se distribuye el almidón hidratado y la proteína, alrededor de las porciones de maíz no gelatinizado, formándose una masa, que luego es moldeada en forma circular plana y cocinada en un comal a altas temperaturas (170-212°C) aproximadamente 3 min, obteniendo las tortillas (Inglett, 1970).

Las variaciones en el uso de cantidad de cal, tiempo de cocción y temperatura, se atribuyen a costumbres familiares, aunque también se relacionan directamente a la edad del

maíz y la altitud en la que se lleva a cabo el proceso, así como a la actividad de la cal, que se pierde con el tiempo. Para el maíz que ha sido cosechado recientemente, se utiliza menos cal, y se disminuye el tiempo de cocción, mientras que para el maíz viejo y seco se agrega mayor cantidad de cal y el tiempo de cocción aumenta. En muchos pueblos, la masa se envuelve en tusas de maíz y es cocinada al vapor aproximadamente durante 20-30 minutos. A esto se le llama tamalitos, y tienen la ventaja sobre las tortillas de que permanecen suaves por períodos de tiempo más largos (Bressani, 1990 a).

## 2. Tecnología Industrial:

En los últimos años, se ha dado un rápido aumento de la población urbana con el consiguiente decrecimiento de la población rural, que ha influido en el incremento de la demanda de tortillas listas para comer y de harina precocida instantánea para hacer tortillas. Esta necesidad provocó que en México y otros países, se desarrollara la tecnología y el equipo necesario para la producción industrial de harina de maíz. La producción mecanizada en México, adquirió mayor importancia poco después de la segunda guerra mundial, y en la actualidad se lleva a cabo en Costa Rica y Estados Unidos, en donde la tecnología está muy avanzada (Deschamps, 1985).

El proceso industrial ha sido descrito por varios autores (Deschamps, Paredes et al, Del Valle), y se han obtenido varias patentes (González, et al.), que en todo caso, están basados en el método usado tradicionalmente en las áreas rurales. Recientemente, el proceso ha sido expandido a un proceso mecanizado para la producción de tortillas.

En el Cuadro No.1 se da una breve descripción de los pasos en el proceso industrial utilizado en México y otros países, para elaborar la harina de maíz tratada con álcali (Del Valle, 1972).

Luego de comprar el maíz, se selecciona y limpia. La selección de la calidad del grano es hecha luego de la inspección y muestreo por parte de la persona a cargo de recibirlo, los lotes de maíz con alto porcentaje de granos defectuosos son rechazados, y el precio pagado por los lotes aceptados es establecido de acuerdo a los defectos encontrados en la materia prima, ya que si contiene muchos granos quebrados se obtendrá muy bajo rendimiento (Bressani, 1990 a).

**Cuadro No.1:** Descripción general del Proceso Industrial de Producción de Harina de Maíz para Tortilla.

---

1. Recepción, limpieza y almacenaje del maíz.
  2. Preparación del nixtamal por medio de cocción controlada del maíz en solución de cal.
  3. Molienda del nixtamal.
  4. Secado del nixtamal molido.
  5. Cernido del nixtamal molido y seco. Las partículas muy gruesas se regresan al molino, y la harina fina es el producto final.
  6. Empaque del producto final.
- 

El maíz también se selecciona de acuerdo a su contenido de humedad, debido a que un grano muy húmedo dará problemas de almacenaje en los silos, y deberá ser

acondicionado utilizando aire caliente, lo que incrementará los costos del producto (Bressani, 1990 a).

La fabricación de harina instantánea requiere además, un alto control de las condiciones de maceración, tratamiento con álcali, proceso de molienda, proceso de secado, zarandeado y otras operaciones bajo las que se debe llevar a cabo el proceso para obtener un producto similar al preparado a nivel casero (Inglett, 1970).

Las condiciones del proceso han sido establecidas en base al proceso rural tradicional, aunque para evitar las variaciones en el nivel de cal agregado, se ha estandarizado al 1% del peso del grano, adicionando el maíz seco al agua en una proporción de 1:2 (Urizar, 1995).

El tiempo de remojo (12-14 h), por factores de tiempo y costo, en la mayoría de los casos ha sido eliminado, para hacer más eficiente el proceso. Además, normalmente se utiliza dióxido de azufre como preservante (0.12-0.2%).

De los silos, el maíz es llevado a las unidades de tratamiento alcalino. Este proceso involucra la cocción del maíz en agua con cal, para convertirlo en nixtamal, esto puede llevarse a cabo en lotes o de forma continua. Luego de la cocción y remojo, el maíz tratado es lavado con agua presurizada, y es molido para formar una masa que luego se transfiere a los secadores para convertirla en harina, que contiene partículas de todos tamaños, por lo que debe cernirse para separar las partículas más gruesas que son devueltas al molino. Los finos que constituyen el producto final, se envían a las unidades de empaque donde se coloca en bolsas de papel. Es importante que esta operación no se lleve a cabo a temperaturas altas, para evitar la rancidez (Bressani, 1990 a).

De acuerdo a Del Valle (1972), una unidad completa debe tener equipo para las siguientes operaciones: tratamiento con álcali, molienda, secado, y cernido, con una capacidad de producción diaria de 30 a 80 toneladas de harina. Para aumentar la capacidad de producción, deben instalarse varias unidades paralelas.

El rendimiento industrial del harina de maíz nixtamalizado varía entre 86 y 95% dependiendo del tipo de maíz, su calidad en términos de granos enteros, y las condiciones del tratamiento alcalino (Rooney, et al., 1988).

Watson (1991) y Rooney (1993) señalan que el maíz ideal para procesos alcalinos debe contar con las siguientes características: tamaño uniforme del grano con muy poco grano quebrado y cuarteado; alta densidad; alto peso hectolitro; textura del endosperma dura o intermedia (lo que facilita la remoción del pericarpio); granos intactos, libres de fisuras; corona esférica (sin dientes prominentes); color amarillo claro o blanco brillante y facilidad de absorción de agua, de la que depende el nivel de cocción y gelatinización del grano.

La harina de maíz nixtamalizada es un polvo blanco o amarillento, fino y seco, con el olor característico de la masa de maíz. Esta harina cuando se mezcla con agua, se convierte en una masa adecuada para la preparación de tortillas, tamales, atoles y otros alimentos, de características muy similares a las que se obtienen al llevar a cabo la nixtamalización tradicional (Bressani, 1990 a).

La calidad de la harina de maíz se asegura en muchos países estableciendo determinadas normas o regulaciones que debe cumplir el producto, tomando en cuenta tanto factores físicos (Capacidad de enrollar la tortilla, resistencia, adhesividad,

distribución de partículas, etc), como químicos (humedad, cenizas, proteínas, fibra, etc) (Del Valle, 1972).

El contenido de humedad en la harina es de suma importancia en su estabilidad y vida de anaquel, debido a que a contenidos de humedad de 10-12% es estable ante la contaminación microbiana. Si el contenido de humedad es mayor de 12%, es fácilmente atacada por mohos y levaduras. Sin embargo, en la harina no existe el riesgo de contaminación bacteriana, ya que si se alcanzara el nivel de humedad requerido para su crecimiento, la harina se encontraría transformada en masa (Del Valle, 1972).

A pesar de ello debe tenerse mucho cuidado en la limpieza y desinfección del equipo en planta, que podría contaminarse con todo tipo de bacterias y microorganismos, especialmente en las condiciones tibias y húmedas de las zonas más frías del equipo, óptimas para el desarrollo de bacterias termofílicas que pueden producir olores y sabores desagradables en el producto final (Inglett, 1970).

Otro problema relacionado con la estabilidad de la masa es la rancidez, pero únicamente se presenta cuando el producto es empacado (y/o almacenado) a altas temperaturas. El tiempo mínimo de vencimiento para la harina es de 4 a 6 meses en clima frío y 3 meses en clima cálido, sin embargo normalmente se vende antes de quince días (Del Valle, 1972).

Las tortillas de harina de maíz nixtamalizado listas para el consumo pueden elaborarse tanto a nivel casero como en tortillerías. Se adiciona agua a la harina, y se mezcla hasta obtener la consistencia adecuada. Las tortillas industrialmente, se elaboran usando esta masa en máquinas en las que la masa pasa a través de cilindros rotatorios

que la aplanan formando una lámina, la cual pasa por una máquina especial que la corta en forma circular. Los discos planos obtenidos circulan por una banda térmica o un fogón continuo de cocimiento a condiciones adecuadas para producir las tortillas, que se recolectan en un recipiente al final de la banda. Pueden producir de 30 a 120 tortillas por minuto. En Guatemala la cantidad de maíz destinado a la elaboración de harina es muy poca, aunque cada año va en aumento, en general de la producción, el 90% se vende en las áreas urbanas, y el 75% es utilizado en la elaboración de tortillas por el método tradicional. (Elías, et al., 1983).

El método tradicional de cocinar el maíz con cal para elaborar tortillas a nivel rural, como se mencionó anteriormente, consume mucho tiempo (alrededor de 14 a 15 h) y requiere de una dura labor. El 70 - 80% del tiempo se invierte en la cocción y el remojo, lo que podría reducirse a 2 o 3 horas, o menos. A nivel industrial o comercial, la molienda y deshidratación son los factores de más alto costo, debido a que la masa tiene aproximadamente 56% de humedad, y se desea disminuir hasta 10-12% en la harina. Sin embargo en cualquier caso, la harina tiene las ventajas de: disminución de trabajo y uso de energía, es un producto más estable y seguro, además de contener gran cantidad de nutrientes, ya que puede ser enriquecida (Bressani, 1990 a).

Cualquier método que disminuya tanto el tiempo como el costo, y produzca una tortilla de calidad aceptable, será ventajoso. Es por ello que se han llevado a cabo numerosos estudios al respecto, entre los que se encuentra la cocción a alta temperatura eliminando la cal, que da un producto final de características indeseables. También se han llevado a cabo estudios con prerremojo, calentamiento en seco, extrusión, etc. pero

ninguno de ellos ha sido adoptado todavía, y se prefiere el proceso tradicional (Bressani, et al., 1962).

Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad para el procesamiento del maíz para convertirlo en harina nixtamalizada por el proceso industrial, se utilizan granos de diversas variedades que provienen de varios productores y por lo tanto de diferentes condiciones ambientales. Estos factores afectan directamente el rendimiento, así como las propiedades químicas, organolépticas y culinarias del producto final (Bedolla, 1984).

La calidad del grano ha adquirido mayor importancia en los últimos años, centrándose en el desarrollo y crecimiento de las plantaciones, y mejoramiento genético de las semillas, obteniéndose grandes beneficios, tanto para los agricultores, como para los consumidores e industriales. Las características de calidad del grano ofrecen rendimiento, propiedades tecnológicas incluyendo estabilidad durante el almacenaje, eficiencia de conversión en nuevos productos dependiendo de las condiciones de procesamiento, y especialmente la aceptación del consumidor. La calidad del grano es de poca importancia en las áreas rurales de los países subdesarrollados, en donde se utiliza la semilla que se guarda de cosecha a cosecha, ajustando las condiciones de procesamiento a las características del maíz obtenido, aunque con las crecientes exigencias de la tecnificación, este hecho cambiará con el tiempo (Bressani, 1990 a).

### III. JUSTIFICACION

El estudio: "Selección de variedades de maíz para la elaboración de harina nixtamalizada", reviste gran importancia, al considerar la creciente demanda de harina nixtamalizada en nuestro país y en que hasta la fecha no se han realizado estudios específicos de evaluación y clasificación entre diferentes variedades de maíz disponibles en el medio.

Con el presente trabajo se espera beneficiar directamente a la agricultura nacional, al establecer las variedades de maíz más idóneas para la fabricación industrial de harina, asegurándose a través de su cultivo, un mercado de gran potencial, diferenciado y en un futuro cercano, con estrictas normas de calidad en lo que a aceptación de materias primas se refiere. Consecuentemente, la industria de elaboración de harina podría llegar a remunerar a sus proveedores certificados, con precios mayores que los de mercado.

La industria de elaboración de harina, como se mencionó con anterioridad, se verá altamente beneficiada, al establecer a través de los resultados de este estudio, aquellas variedades de maíz que optimicen tanto el rendimiento de la producción de harina, como la uniformidad en la calidad de la misma, aumentando finalmente la competitividad de este sector de negocios, tanto nacional como internacionalmente.

Sin embargo, se considera que los más beneficiados, serán los consumidores finales del producto, dentro de los que se encuentra la mayor parte de nuestra población, para quienes el maíz es y probablemente seguirá siendo, la base de su alimentación. A través

de este estudio se buscará la total satisfacción de las necesidades y expectativas de los consumidores, ya que se incluirá el análisis de las características físicas y sensoriales del principal producto elaborado a base de harina, la tortilla.

En general, a largo plazo se espera beneficiar consecuentemente a nuestro país, al ofrecer una harina de mejor calidad, que será utilizada cada vez en mayor cantidad para la producción de tortillas, liberando de esta manera mano de obra productiva a actividades más rentables, que actualmente dedican gran parte de su tiempo a llevar a cabo la larga y dura tarea que implica la elaboración de tortillas por el proceso tradicional. Dicho sea de paso es ineficiente desde el punto de vista energético y además contamina nuestro medio ambiente.

## IV. OBJETIVOS

### A. OBJETIVOS GENERALES:

1. Seleccionar dentro de 11 diferentes variedades de maíz, aquellas que tienen las mejores características para ser procesadas por nixtamalización industrial en la elaboración de harina.
2. Determinar otras variedades de maíz como alternativas para sustituir a las más aptas en la producción de harina nixtamalizada uniforme y de calidad constante.

### B. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Aplicar diversos parámetros físicos (peso, volumen, densidad, flotación, dureza, etc.) como parte del proceso de selección de variedades de maíz aptas para el proceso de nixtamalización.
2. Utilizar diferentes indicadores de calidad de cocción (Absorción de agua, desprendimiento de cáscara, sólidos perdidos, etc.), como parámetros de importancia en la selección de variedades adecuadas de maíz, para la elaboración de harina.
3. Observación aplicada de criterios de selección que discriminan la calidad de cocción del nixtamal.

## V. HIPOTESIS

1. Dentro de la población de variedades de maíz a ser estudiadas, existen algunas que llenan prácticamente todos los criterios de calidad.
2. Existe una diferencia significativa en las propiedades de las distintas variedades de maíz, que influyen directamente al ser utilizadas en la producción de harina nixtamalizada.
3. La variedad de maíz utilizada en la elaboración de harina nixtamalizada, es una variable crítica en la calidad resultante.
4. Las condiciones del proceso de elaboración de harina de maíz nixtamalizada a nivel industrial, dependen de la variedad de maíz a utilizar.

## VI. MATERIALES Y METODOS

### A. Localización:

El estudio se llevó a cabo en su mayoría en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala, aunque algunas pruebas se realizaron en las instalaciones de DEMAGUSA (Derivados de Maíz de Guatemala S.A.), en El Tejar, Chimaltenango.

### B. Material Experimental Básico:

1. Maíz: Se utilizaron 11 diferentes variedades de grano de maíz seco semiduro, cultivado en Retalhuleu, Guatemala, en octubre de 1996.

Las variedades son:

HB-83*	ICTA
HR-93	SEMINAL
HR-5	SEMINAL
HR-15	SEMINAL
HR-17	SEMINAL
A-775	ASGROW
A-7530	ASGROW
HS-5G	CRISTIANI
HS-7G	CRISTIANI
P-3086	PIONEER
P-3001	PIONEER

\*La variedad que más se siembra en nuestro país.

2. Cal: Para la elaboración del nixtamal, se utilizó  $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$  grado reactivo, conocida comercialmente como "cal viva".

### C. Procedimiento:

Con el objetivo de realizar el estudio de la manera más rápida, y al mismo tiempo, obtener los resultados de forma clara y ordenada para facilitar su interpretación, se dividió el proyecto en cuatro diferentes fases, cuyos resultados son complementarios, pues estudian tanto la materia prima (el grano), como el producto intermedio (la masa nixtamalizada), el producto final (la harina), y el principal producto elaborado por los consumidores (las tortillas).

#### PRIMERA FASE: Caracterización del maíz.

Durante esta primera etapa, se llevó a cabo la caracterización de los granos de las distintas variedades de maíz, por sus propiedades físicas, que tienen gran importancia en el rendimiento, y simplificación del proceso. Los factores estudiados son:

1. Peso seco.
2. Densidad del grano.
3. Peso de 1000 granos.
4. % de cáscara, % de germen, % de endospermo.
5. Flotadores.

#### SEGUNDA FASE: Calidad de Cocción.

En esta segunda etapa se estudió el nixtamal, elaborado por el proceso alcalino, utilizando el método estándar (Metodología Apéndice B). Los aspectos aquí estudiados son de gran importancia durante el procesamiento en la fábrica.

1. Facilidad de eliminación del pericarpio.
2. Pérdidas de materia seca y humedad del nixtamal.

3. Absorción de agua.

#### TERCERA FASE: Calidad de Masa.

Con el fin de determinar la variedad de maíz que nos da un producto final de mejores características, se llevó a cabo esta tercera fase, en la que se elaboró harina a partir de las masas nixtamalizadas, por el método de deshidratación, llevando a cabo los análisis tanto en la masa como en la harina.

1. pH.
2. Contenido de agua.
3. Índice de absorción de agua.
4. Índice de solubilidad en agua.
5. Textura de la masa.
6. Índice de Penetración.
7. Resistencia.
8. Adhesividad.

#### CUARTA FASE: Tortillas.

Esta es la parte del estudio determinante al diferenciar las variedades por sus características organolépticas, y su capacidad para dar tortillas de alta calidad.

Únicamente se estudiaron los puntos críticos de la aceptación.

1. Rendimiento.
2. Capacidad de enrollarse.
3. Humedad.
4. Sabor y textura.

## VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

Todas las pruebas realizadas en el trabajo experimental de este estudio (Metodología en Apéndice B), involucraron tres muestras diferentes de once variedades de maíz, cosechadas en la misma zona, durante el mismo período de tiempo y bajo las mismas condiciones, para evitar que este tipo de factores distorsionara los resultados.

Las tres muestras de cada variedad fueron recolectadas de diferentes puntos del terreno sembrado para evitar que las condiciones específicas de un solo punto afectaran los resultados, y que éstos no fueran estadísticamente adecuados.

El procedimiento se realizó por lo tanto en triplicado, utilizando como resultado el valor promedio de las réplicas, con el fin de disminuir la probabilidad de error. Con el fin de asegurar la exactitud y veracidad de los mismos, se llevó a cabo el análisis estadístico, utilizando los métodos de rechazo de datos sospechosos (fuera de rango), cálculo de desviaciones estándar, análisis de varianza (Andeva), y prueba de Tukey por medio del programa SPSS/PC de computadora para análisis de una vía (Ver resultados en Apéndice C).

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

Con el principal objetivo de encontrar dentro de once diferentes variedades de maíz, aquellas que tuvieran las mejores características para la elaboración de harina nixtamalizada, se llevaron a cabo diferentes análisis descritos en la sección anterior para cada una de las muestras. Estas corresponden a pruebas de variedades que interesan a la industria de harina de maíz nixtamalizado, por sus características agronómicas y funcionales.

Para evitar que cualquier aspecto afectara los resultados, se mantuvo como única variable las variedades de maíz, las cuales fueron sometidas a un proceso de nixtamalización constante con respecto al peso del grano, volumen de agua, porcentaje de cal y tiempo de cocción, asegurando la veracidad de los resultados al utilizar tres distintas repeticiones de cada variedad, tratando de igual manera cada repetición. Por ello, se obtuvieron 33 datos de cada análisis (Apéndice A), utilizando como resultado, el valor promedio de las tres repeticiones  $\pm$  su desviación estándar. En los casos en que la desviación fue muy alta, se repitió el análisis fuera de rango.

### 1. CARACTERIZACION FISICA DEL GRANO

Los resultados de humedad inicial del grano, determinada en esta primera fase del estudio, se encuentran con una variabilidad de  $12.98 \pm 0.26\%$  (HR-5) a  $13.97 \pm 1.23\%$  (HR-93), con un valor promedio de  $13.27 \pm 0.28\%$ . (Tabla No.1). La humedad es un aspecto muy importante para las condiciones de almacenamiento, y se utiliza para calcular

el peso seco de las muestras. Para asegurar que no afectara a ninguno de los otros parámetros en los que se utiliza este dato, se determinó estadísticamente que no hay diferencias significativas de humedad entre las muestras (Apéndice C).

**TABLA No. 1:**  
**ANALISIS DEL GRANO**

<b>Variedad</b>	<b>Peso de 1,000 Granos (g)</b>	<b>Densidad (g/ml)</b>	<b>Humedad del Grano (%)</b>	<b>Flotadores (%)</b>
<b>HB-83</b>	<b>307.53</b>	<b>1.29</b>	<b>13.11</b>	<b>4.33</b>
±	4.49	0.01	0.12	0.58
<b>HR-93</b>	<b>301.45</b>	<b>1.28</b>	<b>13.97</b>	<b>8.00</b>
±	9.49	0.01	1.23	1.73
<b>HR-5</b>	<b>272.38</b>	<b>1.27</b>	<b>12.98</b>	<b>18.33</b>
±	7.34	0.01	0.26	2.31
<b>HR-15</b>	<b>249.90</b>	<b>1.28</b>	<b>13.07</b>	<b>11.67</b>
±	2.83	0.02	0.30	1.53
<b>HR-17</b>	<b>292.31</b>	<b>1.28</b>	<b>13.27</b>	<b>9.00</b>
±	1.54	0.02	0.28	1.00
<b>A-775</b>	<b>319.99</b>	<b>1.31</b>	<b>13.18</b>	<b>6.00</b>
±	5.52	0.03	0.78	1.73
<b>A-7530</b>	<b>335.26</b>	<b>1.29</b>	<b>13.06</b>	<b>16.00</b>
±	10.08	0.02	0.10	1.00
<b>HS-7G</b>	<b>308.72</b>	<b>1.27</b>	<b>13.14</b>	<b>15.00</b>
±	5.17	0.01	0.23	1.00
<b>P-3086</b>	<b>331.03</b>	<b>1.27</b>	<b>13.52</b>	<b>3.67</b>
±	3.71	0.01	0.13	1.53
<b>P-3001</b>	<b>354.79</b>	<b>1.29</b>	<b>13.32</b>	<b>2.67</b>
±	9.12	0.01	0.15	1.15
<b>HS-5G</b>	<b>364.10</b>	<b>1.29</b>	<b>13.36</b>	<b>9.67</b>
±	10.02	0.03	0.15	1.15

Otra característica del grano que es muy importante es la dureza, que es un indicador de la composición del endosperma. Para determinar esta dureza existen varios métodos. En este caso se utilizaron dos: la densidad del grano y el índice de flotadores.

La dureza también se puede evaluar por medio del porcentaje del material removido por abrasión en un tiempo fijo, y se recomienda realizarlo en estudios posteriores.

Los valores de densidad tienen una variabilidad entre  $1.27 \pm 0.01 \text{g/ml}$  (HR-5, HS-7G, P-3086) y  $1.31 \pm 0.03 \text{g/ml}$  (A-775), con un valor promedio de  $1.28 \pm 0.016 \text{g/ml}$ , indicando que todos los granos son duros, aunque estadísticamente no hay diferencias entre ellos. Por esta razón se utilizó también el índice de flotadores, que da resultados más específicos diferenciando claramente entre un grano suave (arriba de 80%), uno semiduro (48-80%), un duro (25-48%) y uno muy duro (Abajo de 25%). Los resultados de la Tabla No.1, confirman que todos los granos son muy duros, con una variabilidad de  $2.67 \pm 1.15\%$  (P-3001) a  $18.33 \pm 2.31\%$  (HR-5), y un promedio de  $9.49 \pm 5.27\%$ , aunque estadísticamente sí se encontraron diferencias significativas entre ellos, por lo que los granos más duros son P-3001, P-3086, HB-83 y A-775.

El peso de 1,000 granos, indica la distribución en tamaño de granos de la variedad. Un peso de 1,000 granos bajo, corresponde a una muestra con gran porcentaje de granos pequeños, y por el contrario un peso alto, se obtiene cuando los granos son grandes. Los resultados obtenidos para las 11 variedades están entre  $249.90 \pm 2.83 \text{g}$  (HR-15) y  $364.10 \pm 10.02 \text{g}$  (HS-5G), con un promedio de  $312.50 \pm 33.87 \text{g}$ , prefiriéndose las variedades de peso mayor, que según el análisis de varianza son HS-5G, P-3001, A-7530 y P-3086, aunque arriba de 300g es aceptable.

Por último, se llevó a cabo la determinación de la composición anatómica (morfológica) porcentual, de las tres partes principales del grano: el pericarpio, el germen y el endosperma. Estos fueron deshidratados y pesados para luego calcular sus porcentajes en base seca. Debe aclararse que el “tip cap” o base del grano que lo une a la mazorca, se consideró parte del germen al separar los componentes. La variabilidad en el porcentaje de cáscara fue de  $5.41 \pm 0.39\%$  (HR-17) a  $7.08 \pm 1.51\%$  (P-3086) con un promedio de  $5.72 \pm 0.51\%$ . Con respecto al germen, la variabilidad fue de  $9.63 \pm 0.7\%$  (HB-83) a  $13.29 \pm 0.62\%$  (A-7530) con un promedio de  $11.46 \pm 1.12\%$ , y del endosperma fue de  $80.56 \pm 1.01\%$  (P-3086) a  $84.85 \pm 0.58\%$  (HB-83) con promedio de  $82.81 \pm 1.41\%$ .

Debido a que el pericarpio o cáscara del grano se elimina en el lavado del nixtamal, se desea que forme la menor parte posible en la composición del grano, disminuyendo el porcentaje de pérdidas. Al analizar estadísticamente los resultados por las pruebas de Tukey y análisis de varianza, se pudo comprobar que no hay diferencias significativas entre las muestras, por lo que éste no debe ser un factor influyente al determinar la mejor variedad para este proceso.

Para la elaboración de la harina, la parte más importante del grano es el endosperma. Es por ello que, basándose en este aspecto, se prefiere a los granos con más alto porcentaje de endosperma, y por consiguiente aquellos de porcentaje de germen bajo; siendo el grupo de muestras HB-83, HR-93, HR-5 y HS-5G, las seleccionadas.

TABLA No.2:

## COMPOSICION DEL GRANO: CASCARA, GERMEN Y ENDOSPERMA

Variedad	Cáscara (%)	Germen (%)	Endosperma (%)
<b>HB-83</b>	<b>5.51</b>	<b>9.63</b>	<b>84.85</b>
±	0.17	0.70	0.58
<b>HR-93</b>	<b>5.46</b>	<b>10.08</b>	<b>84.46</b>
±	0.60	0.98	1.53
<b>HR-5</b>	<b>5.43</b>	<b>10.38</b>	<b>84.19</b>
±	0.04	0.55	0.57
<b>HR-15</b>	<b>5.60</b>	<b>11.48</b>	<b>82.91</b>
±	0.54	1.25	0.74
<b>HR-17</b>	<b>5.41</b>	<b>12.57</b>	<b>82.02</b>
±	0.39	0.33	0.07
<b>A-775</b>	<b>5.45</b>	<b>12.04</b>	<b>82.51</b>
±	0.40	0.32	0.23
<b>A-7530</b>	<b>5.81</b>	<b>13.29</b>	<b>80.90</b>
±	0.46	0.62	0.60
<b>HS-7G</b>	<b>5.46</b>	<b>11.44</b>	<b>83.10</b>
±	0.63	1.16	1.03
<b>P-3086</b>	<b>7.08</b>	<b>12.36</b>	<b>80.56</b>
±	1.51	0.60	1.01
<b>P-3001</b>	<b>6.26</b>	<b>11.90</b>	<b>81.84</b>
±	0.39	0.73	0.46
<b>HS-5G</b>	<b>5.50</b>	<b>10.94</b>	<b>83.56</b>
±	0.73	0.52	0.64

Un contenido bajo de germen tendría posiblemente algunos aspectos positivos y negativos en las harinas. Aspectos positivos podrían ser una menor posibilidad de rancidez oxidativa (debido a que es en el germen donde se encuentra la mayor parte del aceite del grano) y un menor contenido de ácido fitico, componente que disminuye la biodisponibilidad del hierro, aunque se recomienda determinar el contenido para las variedades de este estudio, pero en general el germen contiene alrededor del 90% del ácido fitico en el grano de maíz. Los negativos serían un menor contenido de energía y

de calidad proteica, pues es en el germen donde se encuentra la mayor cantidad de aceite y de hecho, el germen contribuye a la calidad proteínica del grano de maíz.

A pesar de que en esta fase se estudiaron los aspectos físicos relacionados con la calidad del grano de maíz, únicamente se midieron los parámetros intrínsecos de la variedad, y no todos aquellos que afectan la calidad del grano como materia prima, y que son los aspectos principales en los que se basa la industria para la selección de sus granos en la actualidad, como son: el porcentaje de granos quebrados y picados, la presencia de plagas o mohos, y la cantidad de impurezas que éste contenga (todo aquello que no sea maíz). A pesar de que estos aspectos afectan directamente el rendimiento y las pérdidas, no se tomaron en cuenta debido a que en general no dependen del grano y su variedad, sino del manejo que se les dé y del cuidado del productor durante la cosecha, transporte y almacenaje.

## **2. CALIDAD DE COCCION**

Esta segunda fase, consistió en el análisis de calidad de cocción del grano por la importancia que esto tiene al establecer las condiciones de procesamiento, y su repercusión en la calidad y aceptación del producto final. Para ello, se llevó a cabo la nixtamalización tradicional (Apéndice B), utilizando muestras de maíz limpio, libre de granos quebrados/picados, con 1.2% de cal, 200ml de agua por cada 50g de maíz y 60 minutos de cocción, a temperatura constante de 96° C, de tal manera que la única variable fue la variedad de maíz.

Un factor muy importante estudiado en esta fase son las pérdidas de materia seca, que incluyen el pericarpio removido y materia seca del endosperma y germen, que en la industria se verían aumentadas si se tiene alto porcentaje de granos quebrados o picados. Durante la cocción alcalina, las pérdidas de materia seca se ven directamente influenciadas por la composición del endosperma. He aquí la importancia de estudiar su grado de dureza, ya que teóricamente un grano suave dará mayor porcentaje de pérdidas. Sin embargo entre las muestras estudiadas, se puede observar que la variedad HB-83, a pesar de pertenecer al grupo de muestras muy duras, es la que tuvo el mayor contenido de pérdidas en la cocción. La variabilidad en PMS fue de  $4.86 \pm 0.13\%$  (HB-83) a  $2.18 \pm 1.33\%$  (HS-5G) con un promedio de  $3.22 \pm 0.85\%$ .

La materia seca perdida como porcentaje del pericarpio, varió entre 39.6% (HS-5G) a 88.2% (HB-83). Esto se interpretó como que la mayor parte de las variedades tienen un pericarpio difícil de separar, lo cual es una desventaja. Las mejores fueron HB-83, A-7530 y HS-7G.

El porcentaje de cáscara residual se determinó retirando del nixtamal (grano cocido con cal) todo residuo de pericarpio remanente luego del lavado, y calculado respecto al peso seco del nixtamal. Los valores se encuentran entre  $0.68 \pm 0.24/0.54\%$  (HR-5 y HR-15) y  $1.11 \pm 0.02\%$  (P-3086), con un promedio de  $0.82 \pm 0.16\%$ , y estadísticamente, sin diferencias significativas entre las muestras. Aún tomando esto en consideración, las mejores variedades fueron HB-83, A-7530 y HS-7G. Este factor es de gran importancia, pues la presencia de pericarpio residual afecta tanto el color de la masa como su textura y propiedades de procesamiento.

TABLA No. 3:

## CALIDAD DE COCCION DEL GRANO

Variedad	Pérdidas Materia Seca (%)	Cáscara Residual (%)	Humedad Nixtamal		Absorción de agua	
			Cocido (%)	Remojado (%)	Cocido (%)	Remojado (%)
<b>HB-83</b>	<b>4.86</b>	<b>0.97</b>	<b>41.63</b>	<b>44.78</b>	<b>40.08</b>	<b>44.86</b>
±	0.13	0.17	0.49	3.51	0.56	0.95
<b>HR-93</b>	<b>3.71</b>	<b>0.72</b>	<b>41.42</b>	<b>45.97</b>	<b>41.31</b>	<b>46.88</b>
±	0.48	0.18	1.46	0.96	1.01	0.86
<b>HR-5</b>	<b>2.56</b>	<b>0.68</b>	<b>41.97</b>	<b>49.85</b>	<b>41.56</b>	<b>49.34</b>
±	1.42	0.24	0.30	0.62	0.95	0.09
<b>HR-15</b>	<b>2.59</b>	<b>0.68</b>	<b>42.57</b>	<b>49.39</b>	<b>42.14</b>	<b>49.60</b>
±	1.14	0.54	0.87	0.55	0.43	0.60
<b>HR-17</b>	<b>2.19</b>	<b>0.80</b>	<b>41.36</b>	<b>48.89</b>	<b>41.70</b>	<b>47.76</b>
±	0.29	0.14	0.18	1.16	0.36	0.87
<b>A-775</b>	<b>3.34</b>	<b>0.77</b>	<b>42.47</b>	<b>48.81</b>	<b>40.94</b>	<b>47.10</b>
±	0.21	0.17	0.36	0.68	0.48	0.70
<b>A-7530</b>	<b>3.88</b>	<b>0.99</b>	<b>40.94</b>	<b>47.13</b>	<b>40.06</b>	<b>45.70</b>
±	0.59	0.22	1.04	0.18	1.23	0.40
<b>HS-7G</b>	<b>4.13</b>	<b>0.59</b>	<b>43.37</b>	<b>49.15</b>	<b>40.81</b>	<b>48.26</b>
±	0.52	0.28	0.41	1.06	0.14	0.57
<b>P-3086</b>	<b>2.92</b>	<b>1.11</b>	<b>40.37</b>	<b>47.62</b>	<b>40.71</b>	<b>45.53</b>
±	0.20	0.02	0.93	0.26	0.47	0.54
<b>P-3001</b>	<b>3.05</b>	<b>0.99</b>	<b>40.47</b>	<b>47.94</b>	<b>39.77</b>	<b>45.79</b>
±	0.13	0.15	0.17	1.24	0.51	0.78
<b>HS-5G</b>	<b>2.18</b>	<b>0.74</b>	<b>40.29</b>	<b>47.29</b>	<b>39.59</b>	<b>45.66</b>
±	1.33	0.05	0.75	0.84	0.47	0.50

Se pudo observar que la forma del grano influye grandemente en la eliminación del pericarpio, ya que los granos redondos y los pequeños conservaron en su mayoría todo el pericarpio luego del lavado, lo que se relaciona con el peso de 1,000 granos, ya que las muestras de peso menor, tienen mayor porcentaje de granos pequeños. Los granos pequeños y redondos provienen de un extremo de la mazorca. El productor de maíz podría eliminarlos a través de un sistema de clasificación por tamaño si esto se tradujera en

un mejor precio para él. En todo caso una característica del grano para nixtamalización sería que el tamaño fuera uniforme.

Debido a que el método de cocción alcalina utilizado fue el tradicional, llevado a cabo en las áreas rurales y no el que se lleva cabo en la industria de elaboración de harina, por la falta de equipo necesario para reproducir este proceso, se considera necesario aclarar que en la elaboración de las tortillas, no se eliminó totalmente el pericarpio ni el “tip cap” o base del grano, conocida popularmente como “ojo”, y que le da a la tortilla tradicional esos puntos negros característicos. Este componente además influyó en las pérdidas de materia seca debido a que en algunos granos se desprende con mayor facilidad durante el lavado y en el pericarpio residual, pues es en esta parte donde queda adherida la cáscara que no se elimina con el lavado. Se recomienda tomarlo en cuenta en estudios posteriores.

La humedad del nixtamal se calculó, al terminar la cocción, y luego de 12 horas de remojo. Los datos para el primer caso varían entre  $40.29 \pm 0.75\%$  (HS-5G) y  $43.37 \pm 0.41\%$  (HS-7G) con un valor promedio de  $41.53 \pm 0.99\%$  y para las muestras remojadas entre  $44.78\% \pm 3.51$  (HB-83) y  $49.85 \pm 0.62\%$  (HR-5), con promedio de  $47.89 \pm 1.55\%$ . Este es un factor muy importante pues indica el grado de cocción del grano, y las variedades seleccionadas estadísticamente son: para el nixtamal cocido HS-7G, HR-15, A-775 y HR-5; y para el remojado HR-5, HR-15, HS-7G y HR-17.

Se calculó el porcentaje de absorción de agua tanto para el nixtamal sin remojo, como para el nixtamal remojado durante 12 horas en el agua de cocción a temperatura ambiente. Los datos se muestran en la Tabla No.3. Según Serna Saldivar (17), la rápida

absorción de agua está directamente relacionada al endospermo suave, mientras que si el grano tiene un endospermo duro, su absorción de agua será más lenta. La variabilidad en porcentaje de absorción de agua sin remojo fue de  $39.59 \pm 0.47\%$  (HS-5G) a  $42.14 \pm 0.43\%$  (HR-15) con un promedio de  $40.79 \pm 0.84\%$ , y para las muestras remojadas 12 horas fue de  $44.86 \pm 0.95\%$  (HB-83) a  $49.60 \pm 0.60\%$  (HR-15), con un promedio de  $46.95 \pm 1.62\%$ . Las variedades seleccionadas por la prueba de Tukey para las muestras sin remojo son HR-15, HR-17 y HR-5; y para las remojadas son HR-15, HR-5 y HS-7G.

El porcentaje deseable de agua en el nixtamal, después de la cocción y remojo está entre 48 a 50%. Los datos de este estudio dieron valores un poco más bajos, a pesar de que algunas variedades contenían agua entre ese rango. Un aspecto importante a considerar, es el efecto de la altura sobre el nivel del mar, que puede influir sobre esta característica, requiriendo mayor tiempo de cocción.

### **3. EVALUACION DE LA HARINA NIXTAMALIZADA**

En esta tercera fase se llevó a cabo la elaboración de la harina nixtamalizada, preparando la masa por método tradicional de nixtamalización, utilizando un molino de granos en la molienda y un deshidratador de convección forzada para secarla.

Se midió el pH de las harinas, que aunque depende de la cantidad de cal agregada en la cocción, y no de la variedad de maíz, se debe tomar en cuenta por ser un indicativo del grado de lavado del maíz y que influye en su estabilidad durante el almacenaje. Los resultados de pH varían entre  $7.70 \pm 0.44$  (HR-5) y  $8.21 \pm 0.30$  (A-775) con un valor promedio de  $7.97 \pm 0.19$ , sin diferencias significativas.

Todas las variedades de maíz utilizadas fueron seleccionadas previamente, por ello son muy similares en apariencia, siendo de maíz blanco (aunque si se estudian detenidamente se puede observar que su tamaño y forma varían). No se realizó una prueba de color a las harinas y masas, debido a que como se mencionó anteriormente, esto depende del grado de lavado que éstas hayan tenido. Se introdujo un margen de error en el lavado del nixtamal, debido a que se utilizaron indistintamente dos diferentes grifos de agua corriente durante el mismo tiempo, aunque a diferente presión. Se pudo comprobar que las diferencias en color no provenían de la variedad sino del proceso, al llevar a cabo la medición de pH (Tabla No.4). Aquellas muestras de color más intenso (amarillento), tienen un pH más alcalino, lo que indica que tienen mayor cantidad de residuo de la cal utilizada en la cocción, y que se debió eliminar en el lavado.

La humedad final de las harinas promedio es de  $4.88 \pm 1.37\%$ , con una variabilidad de  $2.39 \pm 1.19\%$  (HR-93) a  $7.06 \pm 0.51$  (P-3001)%. Como se puede observar en la Tabla No. 4, estas humedades son bastante bajas, comparadas con las harinas comerciales que están entre 10–12% de agua. Este factor influye grandemente en el tiempo necesario para la hidratación, y por consecuencia, en los resultados en los que se utiliza esta harina, descritos más adelante.

**TABLA No. 4:**  
**ANALISIS DE LA HARINA**

Variedad	pH	Humedad Harina (%)	Indice Absorción de Agua (g Gel/g harina)	Indice Solubilidad en agua (%)
<b>HB-83</b>	<b>8.05</b>	<b>3.62</b>	<b>3.29</b>	<b>4.05</b>
±	0.54	4.25	0.09	0.19
<b>HR-93</b>	<b>7.68</b>	<b>2.39</b>	<b>3.21</b>	<b>3.91</b>
±	0.25	1.19	0.14	0.20
<b>HR-5</b>	<b>7.70</b>	<b>4.44</b>	<b>3.19</b>	<b>3.83</b>
±	0.44	1.36	0.20	0.38
<b>HR-15</b>	<b>7.86</b>	<b>3.89</b>	<b>3.53</b>	<b>3.22</b>
±	0.28	1.26	0.19	0.10
<b>HR-17</b>	<b>8.06</b>	<b>6.05</b>	<b>3.25</b>	<b>4.36</b>
±	0.74	1.08	0.12	0.22
<b>A-775</b>	<b>8.21</b>	<b>5.45</b>	<b>3.24</b>	<b>4.47</b>
±	0.30	0.58	0.15	0.68
<b>A-7530</b>	<b>7.96</b>	<b>4.76</b>	<b>3.06</b>	<b>4.72</b>
±	0.43	0.93	0.07	0.32
<b>HS-7G</b>	<b>8.19</b>	<b>3.98</b>	<b>3.22</b>	<b>4.28</b>
±	0.44	0.53	0.18	0.31
<b>P-3086</b>	<b>7.88</b>	<b>5.93</b>	<b>3.21</b>	<b>4.19</b>
±	0.08	0.67	0.04	0.22
<b>P-3001</b>	<b>7.94</b>	<b>7.06</b>	<b>3.13</b>	<b>4.16</b>
±	0.36	0.51	0.15	0.26
<b>HS-5G</b>	<b>8.19</b>	<b>6.08</b>	<b>3.19</b>	<b>4.01</b>
±	0.45	0.69	0.19	0.44

Además, se midió el índice de absorción de agua y de sólidos solubles, que están muy relacionados con el rendimiento de tortillas al hidratar la harina para elaborar la masa. Los resultados obtenidos varían entre  $3.53 \pm 0.19$  g gel/ g harina (HR-15) y  $3.06 \pm 0.07$  g gel/g harina (A-7530) con un promedio  $3.23 \pm 0.12$  g gel/ g harina, para el índice de absorción de agua, y entre  $3.22 \pm 0.10\%$  (HR-15) y  $4.72 \pm 0.32\%$  (A-7530) con una media de  $4.11 \pm 0.39\%$ , para el índice de sólidos solubles. Estos resultados se encuentran dentro del rango normal, aunque un poco abajo de las harinas de óptima calidad. Los cálculos

estadísticos muestran que sí hay diferencias significativas entre ellas, siendo las preferidas, la HB-83, HR-15 y HR-17.

Un problema encontrado en esta fase, se basa en que se obtuvo una harina de granulometría mayor a la deseada en la industria (Tabla No. 5), lo que se debe a que se utilizó un molino manual y una licuadora para su elaboración, por no contar con el equipo necesario para una molienda más fina. También se debe a la estandarización del tiempo de cocción para todas las variedades, pues no se determinó el tiempo óptimo de cocción de cada una, por lo que las variedades que quedaron más gruesas, posiblemente necesitaban de un tiempo de cocción mayor a los 60 minutos para que su humedad del nixtamal alcanzara un 50% luego del remojo, indicativo de su completo cocimiento según Serna Saldívar (17), lo que no fue posible en ninguno de los casos ( Ver Tabla No.3).

**TABLA No.5**

**GRANULOMETRIA DE LA HARINA**

<b>No. Mesh</b>	<b>Muestra Retenida (g)*</b>
20	0.20
30	3.05
40	6.50
60	8.30
Plato	7.25
<b>PSI</b>	<b>3.37</b>

\*Los resultados son un promedio de determinaciones hechas con varias muestras al azar.

### 3. ANALISIS DE LA MASA:

En esta tercera fase se llevaron a cabo los análisis para conocer la calidad de la masa elaborada con la harina hidratada. Estos análisis se realizaron en la empresa Demagusa, (Derivados de Maíz de Guatemala S.A.), y son: rendimiento, adhesividad, resistencia e índice de penetración.

La granulometría influye mucho en los resultados de estos análisis. Sin embargo, se considera que para los fines de comparación entre las muestras de este estudio, no afecta significativamente ya que todas las muestras fueron de la misma granulometría.

En las pruebas realizadas en las fases III y IV (adhesividad, resistencia, penetración, rendimiento, y elaboración de las tortillas), se debió calcular el tiempo mínimo de hidratación, o absorción de agua por la baja humedad, dejando que las muestras se hidrataran completamente antes de evaluarlas, como se explicó anteriormente.

Por este motivo, como se puede observar en las Tabla No. 6, los resultados son muy variables, y la desviación estándar es muy grande. A pesar de ello no hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, y en general se aproximan mucho a los valores deseados, por lo que no son factores determinantes.

Se obtuvo un rendimiento teórico promedio de  $118.01 \pm 7.67$  g agua/100g harina, variando entre  $105.33 \pm 4.62$  (HR-17) y  $128.00 \pm 0.00$  (P-3001); mientras que para el rendimiento práctico, los valores se encuentran entre  $102.04 \pm 4.20$  (P-3001) y  $123.13 \pm 0.79$  (HR-17) con un promedio de  $113.48 \pm 7.59$ . Estos rendimientos no son totalmente aplicables en la elaboración de la tortilla, ya que para la realización de las pruebas, se necesita que pueda formar un bloque duro, con menor cantidad de agua. Como se puede

observar el rendimiento teórico (por volumen de agua) no coincide con el práctico (por peso); esto se debe a que las masas fueron elaboradas en una batidora, y luego amasadas, quedando residuos en el recipiente y superficie donde se amasó, generando pérdidas.

**TABLA No. 6:**  
**ANALISIS DE LA MASA**

Variedad	Rendimiento (g Agua/ 100 g Harina)		Adhesividad	Resistencia (g)	Penetrómetro (x 0.1 mm)
	Teórico	Práctico			
<b>HB-83</b>	<b>111.79</b>	<b>105.94</b>	<b>0.32</b>	<b>40.43</b>	<b>181.67</b>
±	10.47	10.52	0.30	2.16	7.64
<b>HR-93</b>	<b>109.33</b>	<b>106.03</b>	<b>0.18</b>	<b>35.17</b>	<b>176.67</b>
±	2.31	0.89	0.03	11.16	30.55
<b>HR-5</b>	<b>122.36</b>	<b>118.96</b>	<b>0.39</b>	<b>35.58</b>	<b>171.67</b>
±	2.09	3.30	0.25	5.81	10.41
<b>HR-15</b>	<b>125.33</b>	<b>120.12</b>	<b>0.53</b>	<b>29.26</b>	<b>170.00</b>
±	4.62	4.10	0.30	5.19	10.00
<b>HR-17</b>	<b>128.00</b>	<b>123.13</b>	<b>0.67</b>	<b>32.58</b>	<b>190.00</b>
±	0.00	0.79	0.16	10.15	17.32
<b>A-775</b>	<b>126.00</b>	<b>121.77</b>	<b>0.55</b>	<b>25.40</b>	<b>181.67</b>
±	2.00	1.86	0.30	0.65	7.64
<b>A-7530</b>	<b>121.33</b>	<b>117.71</b>	<b>0.63</b>	<b>22.40</b>	<b>195.00</b>
±	11.55	11.88	0.06	5.82	25.00
<b>HS-7G</b>	<b>121.33</b>	<b>115.68</b>	<b>0.49</b>	<b>34.40</b>	<b>175.00</b>
±	2.31	2.77	0.14	10.84	18.03
<b>P-3086</b>	<b>110.67</b>	<b>104.92</b>	<b>0.43</b>	<b>35.28</b>	<b>185.00</b>
±	4.62	2.54	0.12	0.19	8.66
<b>P-3001</b>	<b>105.33</b>	<b>102.04</b>	<b>0.37</b>	<b>31.27</b>	<b>162.67</b>
±	4.62	4.20	0.29	4.20	6.43
<b>HS-5G</b>	<b>116.67</b>	<b>112.01</b>	<b>0.50</b>	<b>28.27</b>	<b>176.00</b>
±	7.57	0.83	0.26	10.81	8.54
<b>Valores de Referencia</b>	<b>&gt;128.00</b>	<b>&gt;128.00</b>	<b>&lt;0.6</b>	<b>&gt;29</b>	<b>180</b>

La adhesividad es un parámetro muy importante que determina lo pegajosa que será la masa, y si se obtiene un valor muy alto probablemente se quedará adherida en las

manos y utensilios al hacer las tortillas. Mientras que si la masa es muy poco adhesiva, dará tortillas poco flexibles, que se rompen o desmoronan. Los valores obtenidos para las muestras del estudio varían entre  $0.18 \pm 0.03$  (HR-93) y  $0.67 \pm 0.16$  (HR-17) con un promedio de  $0.46 \pm 0.14$ . El valor de referencia, es que deben ser  $<0.6$ .

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas, únicamente para los rendimientos, mientras que para la adhesividad, resistencia y penetración no las hay.

La resistencia y el índice de penetración, sirven para conocer la consistencia de la masa, y como quedará la tortilla: elástica, suave o dura. En el primer caso, se obtuvo un valor promedio de  $31.82 \pm 5.18g$ , en un rango de  $22.4 \pm 5.82g$  (A-7530) a  $40.43 \pm 2.16g$  (HB-83), mientras que para el índice de penetración, los valores se encuentran entre  $162.62 \pm 6.43mm$  (P-3001) y  $195.0 \pm 25.0mm$  (A-7530) con un promedio de  $178.67 \pm 9.26mm$ , estando todos muy cercanos al valor óptimo (180).

#### **4. ELABORACION DE LAS TORTILLAS:**

En ésta última fase, se elaboraron las tortillas a partir de las harinas, y se llevaron a cabo las pruebas de aceptación, así como de calidad de la tortilla. Las pruebas realizadas son en parte cualitativas y cuantitativas. Se trató de eliminar el problema de granulometría volviendo a pasar por el molino de granos las muestras, antes de hidratarlas, desapareciendo las partículas grandes, y quedando una harina más fina.

Entre las pruebas cuantitativas, están la humedad de la tortilla (Tabla No. 7), cuyos valores se encuentran entre  $42.40 \pm 1.91\%$  (P-3001) y  $48.96 \pm 0.71\%$  (A-775) con un promedio de  $46.86 \pm 1.89\%$ . Estos son valores normales para la tortilla.

El rendimiento, con un valor promedio de  $159.70 \pm 14.31$  g agua/100g harina, en el rango de  $180.00 \pm 22.91$  g agua/100g harina (HR-15) a  $131.67 \pm 5.77$  g agua/100g harina (P-3001). Este rendimiento es mayor que el obtenido en los resultados de la sección anterior, lo que se debe primero a que se utilizó una balanza menos exacta, y se le agregó más agua, obteniendo una masa más suave. Además ya se sumaron 25 ml, aproximadamente la cantidad de agua que la tortillera agregó a todas las masas después de ser pesadas cuando amasaba para formar las tortillas.

**TABLA No. 7:**

**ANALISIS DE LA TORTILLA**

<b>Muestra</b>	<b>Humedad Tortilla (%)</b>	<b>Rendimiento (g agua/100g harina)</b>	<b>Rolabilidad *</b>
<b>HB-83</b>	<b>47.54</b>	<b>158.33</b>	<b>2.33</b>
±	0.89	14.43	0.58
<b>HR-93</b>	<b>46.61</b>	<b>175.00</b>	<b>1.67</b>
±	0.42	20.00	1.15
<b>HR-5</b>	<b>47.54</b>	<b>151.67</b>	<b>2.67</b>
±	0.61	23.09	1.53
<b>HR-15</b>	<b>48.20</b>	<b>180.00</b>	<b>3.00</b>
±	1.30	22.91	0.00
<b>HR-17</b>	<b>48.16</b>	<b>170.00</b>	<b>1.67</b>
±	1.13	18.03	0.58
<b>A-775</b>	<b>48.96</b>	<b>175.00</b>	<b>1.33</b>
±	0.71	10.00	0.58
<b>A-7530</b>	<b>45.16</b>	<b>155.00</b>	<b>1.67</b>
±	0.51	5.00	0.58
<b>HS-7G</b>	<b>48.52</b>	<b>160.00</b>	<b>2.00</b>
±	1.01	10.00	0.00
<b>P-3086</b>	<b>46.67</b>	<b>150.00</b>	<b>1.67</b>
±	1.85	0.00	0.58
<b>P-3001</b>	<b>42.40</b>	<b>131.67</b>	<b>3.00</b>
±	1.91	5.77	0.00
<b>HS-5G</b>	<b>45.71</b>	<b>150.00</b>	<b>1.33</b>
±	3.55	0.00	0.58

\* Escala para la evaluación de Rolabilidad:

- 1 = no hay rajaduras
- 2 = signo de rajaduras pero no de rompimiento
- 3 = rajaduras y rompimiento son obvios en una cara
- 4 = rajaduras y rompimiento son obvios en las dos caras
- 5 = no se puede enrollar

Para evitar que una tortilla tenga variaciones en el grosor, como sucede cuando se forman manualmente, se elaboraron utilizando una máquina que aplana la masa y deja la superficie lisa.

Estadísticamente, las tortillas se dividieron en dos grupos por su contenido de humedad, siendo las más húmedas A-775, HS-7G, HR-15 y HR-17. Por rendimiento, las variedades seleccionadas son HR-15, A-775, HR-93 y HR-17.

La rolabilidad se midió con las tortillas recién hechas, que se mantuvieron calientes por estar envueltas en un paño, dejando que primero se suavizaran un poco con el calor y vapor que se forma entre ellas, por unos cinco minutos, y utilizando la escala indicada en la Tabla No. 7. Los resultados se vieron afectados por diferencias en el grosor de las tortillas, que aunque eran muy similares, en la mayor parte de los casos sobrepasaban los 2 mm que indica la metodología (Apéndice B). En todo caso, el porcentaje de rolabilidad fue aceptable.

Otra forma de calcular el rendimiento, es la cantidad de tortillas que se obtiene de determinada cantidad de harina, para estas muestras, en todos los casos se obtuvo cinco tortillas de los 100g utilizados, todas de un tamaño muy parecido (40-60g).

Entre las pruebas cualitativas que se realizaron (Tabla No. 8), están: Formación de bolsa (indicativo del buen cocimiento de la tortilla, y de su buena calidad), y se da cuando la tortilla se infla al estarse cocinando en el comal, quedándole una capa pegada de la orilla pero no del centro conocida como “bolsa”. La observación de la orilla, ya que una masa de buena calidad da una orilla lisa, mientras que si está muy seca o le falta cocimiento, dará una orilla despareja; y por último la evaluación sensorial de comparación/ selección entre las muestras. Estos datos también son bastante aceptables.

**TABLA No. 8:**

**ANALISIS CUALITATIVO DE LA TORTILLA**

<b>Variedad</b>	<b>Bolsa</b>	<b>Orilla</b>
<b>HB-83</b>	1	2
<b>HR-93</b>	2	1
<b>HR-5</b>	1.5	1.5
<b>HR-15</b>	2.5	2
<b>HR-17</b>	2	1.5
<b>A-775</b>	1.5	1
<b>A-7530</b>	1.5	2
<b>HS-7G</b>	1	1
<b>P-3086</b>	1	1
<b>P-3001</b>	2	1.5
<b>HS-5G</b>	1.5	1.5

Escalas:

Para evaluar la formación de bolsa:

1 = En toda la cara

2 = En una parte de la cara

3 = No se formó.

Para la orilla:

1 = Lisa, muy buena

2 = Irregular

La evaluación sensorial realizada fue una prueba de preferencia, en la que los panelistas debían seleccionar la que más les gustaba de las tres muestras que se les presentaron, agrupando las once variedades de tres en tres, utilizando una muestra elaborada por la misma persona con masa recién hecha, como control. Los resultados no fueron analizados estadísticamente, por no ser representativos.

**TABLA No. 9:**  
EVALUACION SENSORIAL

Variedad	1	2	3	4	5	6
HB-83	III	II		II		
HR-93	-				-	
HR-5	II			I		
HR-15	II			II		II
HR-17	-				-	
A-775	III	-	I		II	
A-7530	I					II
HS-7G	I					II
P-3086	III	III				
P-3001	I		I			
HS-5G	I		III			
Control	II					

\* Los cuadros muestran las variedades evaluadas en cada una, y el número de personas que seleccionó a esa variedad ante las otras dos.

De la primera serie de pruebas (Columna 1), en las que se evaluaron en el orden que aparecen, se clasificaron las muestras en tres grupos: las mejores (elegidas por un mayor número de personas), que son HB-83, A-775 y P-3086, intermedias (elegidas por

algunos), que serían HR-5, HR-15, A-7530, HS-7G, P-3001 y HS-5G seleccionadas las cuatro el mismo número de veces; y las que no fueron seleccionadas HR-93 y HR-17.

La muestra control se presentó con P-3001 y HS-5G (Entre las que no se encontró diferencia), habiéndola elegido ante las otras dos por tener el sabor a maíz un poco más definido.

En resumen el orden de preferencia descendente es el siguiente: P-3086, HS-5G, (A-775, HB-83), HR-15, HR-5, (HR-15, A-7530, HS-7G), (HR-93 y HR-17).

A pesar de que se encontró cierta preferencia en estas pruebas sensoriales, todas fueron consideradas agradables, y los resultados no son significativos por no haber utilizado las tres repeticiones de cada una, sino una escogida al azar. Indistintamente, de la repetición, la tortilla de mejor apariencia, para cada prueba, podría en algunos casos utilizar muestras de una sola repetición.

Las pruebas organolépticas son muy importantes, por lo que se recomienda que en estudios posteriores, se les de mayor énfasis. En este caso, no se pudo realizar con un número significativamente mayor de panelistas debido a que se tenía muy poca muestra de cada harina.

Además, se recomienda comparar una masa recién hecha, con una masa de harina hidratada, elaborando las tortillas con una mezcla de las tres harinas (que conforman el triplicado), para determinar mejor los cambios que sufren sus características durante el procesamiento, sin que se vean afectados los resultados por diferencias entre las repeticiones.

## 5. SELECCIÓN DE VARIEDADES:

Luego de recopilar y analizar los resultados de las pruebas realizadas a todas las muestras, se procedió a relacionar unos con otros para poder determinar cuales de ellas tienen las mejores características para la nixtamalización.

Por dureza se eligió al grupo de muestras con más de 10% de flotadores, por no ser exageradamente duras, y por tanto menos difíciles de pelar. Por esta misma razón se eligió a las que tienen mayor porcentaje de pérdida de cáscara.

Por peso de 1,000 granos se seleccionó a aquellas de peso mayor a los 300 gramos, que se considera tienen un tamaño de grano aceptable.

Con respecto a la absorción de agua, WAI, resistencia a la penetración y humedad del nixtamal, se prefirieron las muestras con los valores más altos.

Por último, se buscó que además, las harinas tuvieran un alto rendimiento al hidratarse para elaborar las tortillas.

Por todas estas razones y las explicadas detalladamente en esta sección, las variedades elegidas como más adecuadas son: **A-7530, HS-7G, HR-15, HR-5, HB-83 y HS-5G.**

Como alternativas para sustituir a las más aptas se ha elegido a: **P-3086 y A-775,** aunque en general todas se consideran apropiadas.

## IX. CONCLUSIONES

1. En las pruebas de densidad y flotadores, se encontró que todas las variedades analizadas se clasifican como muy duras.
2. Los datos de peso de 1,000 granos demostraron que unas variedades tienen granos más grandes que otras.
3. La humedad inicial promedio de los granos es de 13.27%, sin diferencias significativas entre las muestras, por lo que no ejerce ninguna influencia en los demás resultados.
4. En el análisis de composición porcentual de la morfología del grano, se han seleccionado las variedades con mayor cantidad de endospermo.
5. La dureza es un factor muy importante en la selección de maíz como materia prima para la cocción alcalina, al depender de ella las pérdidas de materia seca y la facilidad de remoción del pericarpio.
6. Las pérdidas de materia seca promedio para las muestras fueron de 3.22%, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas.
7. La forma y tamaño del grano influye, directamente en la facilidad de eliminación del pericarpio durante la cocción alcalina.
8. La humedad del nixtamal promedio luego de la cocción fue de 41.53% y de 47.89% luego del remojo de 12 horas.

9. La absorción de agua promedio fue de 40.79% para las muestras sin remojo y de 46.95% para las remojadas.
10. El pH es un indicador directo del grado de lavado del nixtamal al depender del contenido de cal residual.
11. La humedad final promedio de las harinas es de 4.87%, bastante menor que la de las harinas comerciales (10-12%).
12. La humedad de las harinas afectó los resultados de las mediciones hechas a la masa y tortillas, especialmente los rendimientos, por no haber estado totalmente hidratadas.
13. El índice de absorción de agua (WAI) promedio fue de 3.23g gel/g harina, encontrándose dentro de los valores normales para la harina nixtamalizada.
14. Los resultados de adhesividad, resistencia, rendimiento y penetración, se vieron directamente afectados por las condiciones en que se elaboró la harina, muy diferentes a las de la industria, pero se encuentran dentro del rango normal.
15. La granulometría influyó directamente en los resultados de los análisis de las harinas, pero para fines de comparación, no afecta significativamente por influir a todas las muestras por igual.
16. El rendimiento promedio de la masa en la elaboración de las tortillas, fue de 159.70 g agua/100 g de harina.
17. La humedad promedio de la tortilla fue de 46.86%.
18. La prueba de rolabilidad y el análisis cualitativo, demostraron que las tortillas elaboradas con las muestras de harina hidratadas son de buena calidad.

19. El orden de preferencia determinado en las evaluaciones sensoriales es: P-3086, HS-5G, (A-775, HB-83), HR-15, HR-5,( HR-15, A-7530, HS-7G), (HR-93 y HR-17).
20. Los resultados de las evaluaciones sensoriales no son representativos, ni estadísticamente significativos.
21. Las variedades seleccionadas por su calidad de grano y producto final son: A-7530, HS-7G, HR-15, HR-5, HB-83 y HS-5G.
22. Las variedades seleccionadas como alternativas para sustituir a las anteriores son: P-3086 y A-775.

## X. RECOMENDACIONES

1. Realizar una curva de tiempo óptimo de cocción para cada variedad.
2. Determinar el porcentaje de granos redondos y pequeños presentes en cada muestra con el fin de recomendar un tamaño mayor para fines industriales.
3. Elaborar una harina de granulometría menor, y repetir las pruebas de resistencia, adhesividad y penetración.
4. Analizar el contenido de proteína, fibra, ceniza, aceite y otros componentes de las harinas.
5. Como continuación de este trabajo, realizar una selección basándose en el contenido nutricional de los granos.
6. Determinar el porcentaje de “tip cap” o base del grano para cada muestra, y su facilidad de desprendimiento durante el lavado luego de la cocción alcalina.
7. Realizar las pruebas de evaluación sensorial comparando las tortillas de una masa recién hecha, con las de la harina hidratada.
8. Incluir en los nuevos estudios de selección, la calidad nutricional y rendimiento en la cosecha.
9. Continuar con este estudio incluyendo nuevas variedades.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- Bedolla, S. & L. Rooney. Characteristics of U.S. and Mexican Instant Maize.  
1984 Flours for Tortilla and Snack Preparation. The American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Bressani, R. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas.  
1990a Food Rev. Internat. 6:225-264.
- Bressani, R. El proceso de Nixtamalización. Avances en Alimentación y  
1990b Nutrición. Pp. 6-7.
- Bressani, R., R. Paz y Paz & N. Scrimshaw. Agriculture Food Chemistry, 6: 770.  
1958
- Deschamps, A.I. Aprovechamiento Industrial del Maíz en la Manufactura de  
1985 Productos Alternos a los de Panificación, Originados en el Trigo. Congreso de Tecnología de Alimentos, Viña del Mar, Chile.
- Desrosier, N.W. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial Continental  
1990 S.A. 9a. ed. México. Pp. 155-161.
- Del Valle, F. Nutritional Improvement of Maize. R. Bressani, J. Braham, y M. .  
1972 Béhar (eds.) INCAP Pub. L-4, Guatemala: 57.
- Friend, C., R. Wanislea & L. Rooney. Effects of hidrocolloids on fevassing and  
1991 qualities of inheat tortillas. Cereal dum. 70: 252-253.
- González, R. & M. Rubio. Preparation of Tortilla Flour. U.S. Patent 3,369,908,  
1968 Feb.20.
- Hallgren, L. & D.S. Murt. A screening list for grain hardness in sorghum  
1983 employing density grading in sodium nitrate solution. J. Cereal Science 1:265-274
- Illescas, R. Sociedad Mexicana de Historia Natural, 4: 129.  
1943
- Ingllett, G.E. Corn: Culture, Processing, Products. AVI Pu. Co. Inc. U.S. A.  
1970 369pp.
- McLaughlin Shull, J., M. Oumarou, et.al. Sorghum Quality Laboratory Manual for  
1987 the use in West Africa. Indiana, U.S.A.
- Paredes-López, O. & M. Saharopulus. Journal of Food Technology. 17: 687.  
1982
- Potter, N. La Ciencia de los Alimentos. Editorial Harla. México.  
1973
- Rooney, L. & S. Serna Saldívar. Corn Chemistry and Technology. S.A.  
1987 Watson and Ramstad de. Amer. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN.
- Serna-Saldívar, S., S.J. Richmound, M. Gómez, J. Rochholt & W. Rooney.  
1988 Methods to evaluate the alkanin coolins. Cereal Food World 33: 616- 618.
- Serna-Saldívar, M. Gómez, H.Almeida Domínguez, A. Islas-Rubio & W. Rooney.

- 1993            A Method to Evaluate the Lime-Cooking Properties of Corn.  
American Association of Cereal Chemists, Inc. Vol. 70, No.6. Pp. 762-  
764.
- Urizar, A.L. Efecto de la Nixtamalización del Maíz sobre el Contenido de Acido  
1994            Fítico, Calcio y Hierro. Tesis, UVG. Pp. 9-18.
- 1995

**APENDICE A**  
**RESULTADOS DE ANALISIS**

**TABLA No. 1-A**  
**ANALISIS DEL GRANO**

<b>Variedad</b>	<b>Muestra</b>	<b>Peso 1,000 Granos (g)</b>	<b>Densidad (g/ml)</b>	<b>Humedad del grano (%)</b>	<b>Flotadores (%)</b>	<b>Cáscara (%)</b>	<b>Germen (%)</b>	<b>Endospermo (%)</b>
<b>HB-83</b>	1	304.90	1.28	13.00	4	5.52	9.09	85.38
	2	304.98	1.30	13.25	4	5.67	9.38	84.94
	3	312.71	1.29	13.10	5	5.34	10.42	84.24
<b>HR-93</b>	1	308.72	1.29	13.10	10	4.79	9.25	85.96
	2	290.72	1.28	13.43	7	4.83	11.17	84.00
	3	304.90	1.26	15.37	7	5.64	9.83	84.52
<b>HR-5</b>	1	268.81	1.28	13.19	17	5.39	10.43	84.18
	2	280.82	1.26	13.06	17	5.43	9.81	84.77
	3	267.50	1.27	12.69	21	5.47	10.91	83.63
<b>HR-15</b>	1	251.30	1.27	12.73	10	5.03	12.91	82.06
	2	246.65	1.30	13.24	13	5.67	11.01	83.32
	3	251.76	1.27	13.24	12	6.11	10.54	83.35
<b>HR-17</b>	1	293.82	1.30	13.35	9	5.15	12.78	82.07
	2	292.38	1.26	12.95	10	5.86	12.19	81.95
	3	290.74	1.28	13.49	8	5.22	12.74	82.04
<b>A-775</b>	1	322.80	1.34	12.68	5	5.81	11.94	82.25
	2	323.49	1.29	12.79	8	5.54	11.78	82.68
	3	313.60	1.29	14.08	5	5.02	12.40	82.59
<b>A-7530</b>	1	323.73	1.31	13.15	17	6.05	12.57	81.38
	2	339.68	1.27	13.07	16	6.09	13.67	80.24
	3	342.38	1.30	12.95	15	5.28	13.63	81.09
<b>HS-7G</b>	1	305.79	1.26	12.88	16	4.77	11.59	83.64
	2	305.68	1.27	13.29	15	5.57	12.51	81.92
	3	314.70	1.27	13.26	14	6.03	10.22	83.76
<b>P-3086</b>	1	327.11	1.28	13.37	4	6.37	12.17	81.46
	2	331.49	1.26	13.63	2	6.01	12.48	81.51
	3	334.48	1.26	13.57	5	5.79	12.61	81.61
<b>P-3001</b>	1	363.59	1.30	13.41	4	6.40	12.13	81.48
	2	355.39	1.28	13.39	2	6.55	11.09	82.36
	3	345.39	1.29	13.15	2	5.82	12.50	81.68
<b>HS-5G</b>	1	368.79	1.30	13.19	9	6.30	10.80	82.89
	2	352.61	1.31	13.43	11	4.87	11.51	83.61
	3	370.91	1.26	13.45	9	5.32	10.51	84.17

**TABLA No. 2-A:**  
**ANALISIS DE LA COCCION**

Variedad	Muestra	Pérdida Mat. Seca (%)	Cáscara Residual (%)	Humedad Nixtamal		Absorción de agua	
				Cocido (%)	Remojado (%)	Cocido (%)	Remojado (%)
<b>HB-83</b>	1	4.73	1.11	41.46	42.12	40.72	44.16
	2	4.99	1.01	41.24	43.45	39.77	44.49
	3	4.86	0.79	42.18	48.76	39.74	45.94
<b>HR-93</b>	1	3.45	0.52	41.06	45.41	40.28	46.56
	2	3.42	0.79	43.03	45.42	42.30	46.23
	3	4.26	0.87	40.17	47.08	41.36	47.86
<b>HR-5</b>	1	1.13	0.50	41.86	49.19	42.02	49.41
	2	3.97	0.58	41.75	49.92	40.47	49.24
	3	2.60	0.95	42.32	50.43	42.21	49.38
<b>HR-15</b>	1	3.90	0.36	42.11	49.96	41.65	49.04
	2	1.80	0.38	42.02	48.86	42.34	49.53
	3	2.06	1.30	43.57	49.35	42.44	50.23
<b>HR-17</b>	1	2.52	0.88	41.34	49.81	41.41	48.45
	2	2.09	0.88	41.55	49.27	42.10	48.04
	3	1.97	0.63	41.19	47.59	41.59	46.79
<b>A-775</b>	1	3.54	0.72	42.38	48.03	41.21	46.31
	2	3.35	0.96	42.15	49.18	40.39	47.61
	3	3.12	0.63	42.86	49.23	41.23	47.39
<b>A-7530</b>	1	4.49	0.76	40.66	46.96	38.94	45.57
	2	3.30	1.20	42.09	47.14	41.37	46.15
	3	3.85	1.01	40.07	47.31	39.88	45.39
<b>HS-7G</b>	1	4.54	0.79	43.83	47.95	40.95	47.61
	2	4.29	0.27	43.04	49.56	40.69	48.47
	3	3.54	0.71	43.23	49.93	40.79	48.70
<b>P-3086</b>	1	3.07	1.10	39.61	47.61	40.62	46.09
	2	3.00	1.13	41.40	47.37	41.23	45.02
	3	2.70	1.10	40.09	47.89	40.29	45.49
<b>P-3001</b>	1	3.20	1.16	40.66	46.72	40.32	44.92
	2	2.96	0.89	40.40	47.90	39.65	46.02
	3	2.99	0.92	40.34	49.20	39.33	46.42
<b>HS-5G</b>	1	1.06	0.69	39.47	46.44	39.67	45.16
	2	3.64	0.72	40.93	48.12	39.09	46.16
	3	1.83	0.80	40.46	47.32	40.02	45.66

**TABLA No. 3-A:**  
**ANALISIS DE LA HARINA**

<b>Variedad</b>	<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad Harina (%)</b>	<b>Indice Absorción de Agua (g Gel/g harina)</b>	<b>Indice Solubilidad en agua (g solub./100 g)</b>
<b>HB-83</b>	1	7.60	1.27	3.20	4.26
	2	7.90	1.07	3.28	3.95
	3	8.64	8.52	3.39	3.93
<b>HR-93</b>	1	7.95	3.55	3.25	4.10
	2	7.62	2.43	3.32	3.94
	3	7.47	1.18	3.06	3.69
<b>HR-5</b>	1	7.36	3.08	3.42	3.39
	2	8.20	4.44	3.05	4.08
	3	7.55	5.79	3.11	4.03
<b>HR-15</b>	1	7.77	5.21	3.69	3.28
	2	8.17	2.70	3.58	3.28
	3	7.63	3.76	3.32	3.10
<b>HR-17</b>	1	7.63	7.26	3.34	4.40
	2	8.91	5.71	3.31	4.13
	3	7.64	5.18	3.11	4.55
<b>A-775</b>	1	7.91	6.01	3.27	4.37
	2	8.50	4.86	3.37	3.85
	3	8.21	5.48	3.08	5.20
<b>A-7530</b>	1	8.30	5.59	3.11	4.56
	2	8.10	3.75	3.08	4.50
	3	7.48	4.93	2.99	5.08
<b>HS-7G</b>	1	7.88	3.57	3.18	4.62
	2	8.70	4.58	3.41	4.01
	3	8.00	3.80	3.07	4.20
<b>P-3086</b>	1	7.89	6.31	3.21	4.30
	2	7.96	6.31	3.16	4.33
	3	7.80	5.16	3.25	3.93
<b>P-3001</b>	1	8.10	6.51	3.16	3.91
	2	7.53	7.15	2.97	4.15
	3	8.20	7.52	3.27	4.43
<b>HS-5G</b>	1	7.90	5.66	2.97	4.13
	2	7.95	6.88	3.24	3.53
	3	8.71	5.71	3.35	4.38

**TABLA No. 4-A:**  
**ANALISIS DE LA MASA**

Variedad	Muestra	Rendimiento		Adhesividad	Resistencia	Penetrómetro
		Teórico (%)	Práctico (%)			
<b>HB-83</b>	1	100.00	94.08	0.10	40.20	190.00
	2	115.38	109.58	0.67	38.40	180.00
	3	120.00	114.16	0.20	42.70	175.00
<b>HR-93</b>	1	108.00	105.00	0.15	40.05	170.00
	2	112.00	106.56	0.18	43.05	150.00
	3	108.00	106.52	0.20	22.40	210.00
<b>HR-5</b>	1	124.00	122.16	0.68	33.25	180.00
	2	120.00	115.56	0.25	31.30	175.00
	3	123.08	119.15	0.25	42.20	160.00
<b>HR-15</b>	1	128.00	121.16	0.60	35.00	170.00
	2	120.00	115.60	0.20	27.88	160.00
	3	128.00	123.60	0.78	24.90	180.00
<b>HR-17</b>	1	128.00	124.00	0.60	26.65	180.00
	2	128.00	122.96	0.55	26.80	180.00
	3	128.00	122.44	0.85	44.30	210.00
<b>A-775</b>	1	126.00	121.24	0.70	25.05	175.00
	2	124.00	120.24	0.20	26.15	180.00
	3	128.00	123.84	0.75	25.00	190.00
<b>A-7530</b>	1	128.00	124.12	0.60	20.20	195.00
	2	128.00	125.00	0.70	18.00	220.00
	3	108.00	104.00	0.60	29.00	170.00
<b>HS-7G</b>	1	120.00	117.16	0.50	29.70	195.00
	2	120.00	112.48	0.35	46.80	160.00
	3	124.00	117.40	0.62	26.70	170.00
<b>P-3086</b>	1	116.00	107.60	0.50	35.20	175.00
	2	108.00	104.60	0.50	35.15	190.00
	3	108.00	102.56	0.30	35.50	190.00
<b>P-3001</b>	1	108.00	104.16	0.20	35.80	170.00
	2	108.00	104.76	0.20	27.50	158.00
	3	100.00	97.20	0.70	30.50	160.00
<b>HS-5G</b>	1	108.00	112.16	0.70	20.00	185.00
	2	120.00	112.76	0.59	24.30	168.00
	3	122.00	111.12	0.20	40.50	175.00

**TABLA No. 5-A:**  
**ANALISIS DE LA TORTILLA**

<b>Variedad</b>	<b>Muestra</b>	<b>Humedad Tortilla (%)</b>	<b>Rendimiento Tortilla (%)</b>	<b>Rolabilidad</b>
<b>HB-83</b>	1	47.80	175	2
	2	48.28	150	2
	3	46.55	150	3
<b>HR-93</b>	1	46.16	175	1
	2	46.68	155	1
	3	47.00	195	3
<b>HR-5</b>	1	46.92	125	3
	2	47.55	165	1
	3	48.15	165	4
<b>HR-15</b>	1	49.20	200	3
	2	48.68	185	3
	3	46.72	155	3
<b>HR-17</b>	1	47.29	185	2
	2	49.44	175	2
	3	47.75	150	1
<b>A-775</b>	1	48.53	165	1
	2	49.78	175	2
	3	48.58	185	1
<b>A-7530</b>	1	44.79	155	2
	2	45.74	150	2
	3	44.96	160	1
<b>HS-7G</b>	1	49.08	160	2
	2	49.13	170	2
	3	47.36	150	2
<b>P-3086</b>	1	48.80	150	2
	2	45.55	150	1
	3	45.66	150	1
<b>P-3001</b>	1	40.47	125	3
	2	44.29	135	3
	3	42.43	135	3
<b>HS-5G</b>	1	44.56	150	1
	2	42.88	150	1
	3	49.70	150	2

**APENDICE B**

**METODOLOGIA DE LOS ANALISIS**

## METODOLOGIA

En la caracterización de la calidad del grano de maíz para nixtamalización, para cada una de las réplicas de las muestras se utilizó los siguientes métodos:

### 1. Preparación de la muestra:

- a. Pesar tres muestras de un (1) Kg de cada variedad de maíz y quitarle los granos quebrados y dañados; así como también toda la materia que no sea maíz.
- b. Deshidratar la muestra a una humedad del 12% usando aire a temperatura ambiente.

### 2. Determinación del peso seco:

- a. Moler una muestra de 40 granos de maíz utilizando una licuadora, hasta que esté bien pulverizado, y mezclarlo bien.
- b. Pesar una muestra de 2g de maíz molido (P 1).
- c. Deshidratar a 103°C por 6 horas en un horno de convección, o hasta que alcance peso constante.
- d. Pesar el harina deshidratada (P 2).
- e. Calcular el porcentaje de peso seco utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ peso seco} = 100 - \frac{(P 1 - P 2)}{P 1} \times 100$$

### 3. Peso de 1000 granos:

- a. Pesar 50 gramos de maíz.

- b. Contar el número de granos.
- c. Calcular el peso de 1000 granos de la siguiente manera:

$$\text{Peso de 1000 granos (g)} = \frac{50 \text{ gramos} \times 1000}{\text{No. de granos en 50 gramos}}$$

4. Densidad:

- a. Pesar una muestra de 10 gramos.
- b. Poner en un cilindro que contiene 50 ml de etanol (V1)
- c. Medir un aumento de volumen (V2)
- d. Expresar en g/ml.

$$\text{Densidad (g/ml)} = \frac{10 \text{ g}}{(V2 - V1) \text{ ml}}$$

5. Determinación del porcentaje de cáscara, germen y endosperma:

- a. Tomar 10 granos, tres veces y dejarlos en agua por 30 minutos- 1 hora.
- b. Sacarlos del agua y ponerlos sobre un papel absorbente.
- c. Con unas pinzas, pelar el grano removiendo el pericarpio y ponerlo en un recipiente (Cáscara de 10 granos). Luego deshidratarlo a peso seco y pesar.  
Peso A.
- d. Con un bisturí, remover el germen del endosperma y poner cada fracción en un recipiente. Peso G y Peso E
- e. Calcular los porcentajes de la siguiente manera:

$$\% \text{ de cáscara} = \frac{\text{Peso A}}{\text{Peso (A+G+E)}} \times 100$$

$$\% \text{ de germen} = \frac{\text{Peso G}}{\text{Peso (A+G+E)}} \times 100$$

$$\% \text{ de endosperma} = \frac{\text{Peso E}}{\text{Peso (A+G+E)}} \times 100$$

6. Flotadores:

- a. Disolver 402.5g de Nitrato de Sodio en un litro de agua destilada.
- b. Determinar la gravedad específica de la solución con un hidrómetro y ajustar la gravedad específica a 1.205 ya sea con agua si el valor es mayor, o con Nitrato de Sodio si es demasiado bajo.
- c. Preparar tres (3) muestras de cada variedad de maíz de 100 granos cada una.
- d. En un beaker poner la solución de nitrato de sodio.
- e. Poner los 100 granos y agitarlos en la solución por 30-60 segundos.
- f. Esperar 60 segundos y sacar los granos que floten, contarlos y luego quitar el resto.
- g. Calcular el porcentaje de flotadores de la siguiente forma:

$$\% \text{ Flotadores} = \frac{\text{No. que flota}}{100 \text{ granos}} \times 100^1$$

7. Nixtamalización estándar y preparación de la harina:

- a. Pesar una muestra de maíz y colocarlo en una bolsa perforada de nylon, (36 agujeros por centímetro cuadrado).
- b. Cocinar la bolsa con maíz en agua (200ml de agua por cada 50g de maíz) con 0.6g de cal (1.2% cal respecto al peso de maíz) a 100°C por 50 minutos. Agitar suavemente.

- c. Dejar en remojo por 12 horas.
  - d. Sacar el nixtamal de las bolsas y lavar con agua corriente por alrededor de 5 minutos, usando un colador.
  - e. Secar la humedad de la superficie de los granos utilizando toallas de papel, y pesar.
  - f. Moler utilizando un molino de discos para obtener la masa y pesar.
  - g. Colocar la masa en el deshidratador a 70°C durante 4 horas, hasta obtener una humedad aproximada del 8%.
8. Facilidad de Eliminación del Pericarpio, Pérdida de materia seca y humedad del nixtamal durante la cocción:
- a. Pesar 50 g de maíz y colocarlo en una bolsa perforada de nylon.
  - b. Cocinar la bolsa con maíz en 200ml de agua con 0.6g de cal (1.2% con respecto al peso de maíz) a 100°C por 60 minutos.
  - c. Remover las muestras y enfriar con agua corriente fría, lavando durante 4 minutos.
  - d. Secar el agua superficial del nixtamal utilizando toallas de papel y pesar.
  - e. Utilizando unas pinzas eliminar el residuo de cáscara en cada grano.
  - f. Colocar en una caja de metal y deshidratar.
  - g. Pesar el nixtamal sin cáscara y deshidratar por tres horas en un horno de convección a 135°C.

---

<sup>1</sup> Hallgren, L. & D.S. Murt *A screening list for grain hardness in sorghum employing density grading in sodium nitrate solution*. J. Cereal Science 1; 265-274, 1983.

h. Cálculo de *pérdida de materia seca*: (PMS)

$$\text{P.M.S.} = \frac{\text{Peso seco del grano} - \text{Peso seco del Nixtamal} + \text{Peso Cáscara}}{\text{Peso seco del grano}} \times 100$$

h. *Humedad de Nixtamal* (HN)

$$\text{H.N.} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

i. Expresar la cantidad de cáscara residual como porcentaje del peso seco del nixtamal.

9. pH:

- a. Pesar 10g de harina nixtamalizada y agregar 90 ml de agua destilada.
- b. Mezclar y medir pH después de 30 minutos.

10. Facilidad de enrollar:

- a. Elaborar tortillas utilizando la harina nixtamalizada hecha con las muestras de maíz
- b. Tomar una tortilla (de aproximadamente 6 pulg de diámetro y 2 mm de grueso) y cortar en el centro a un ancho de 3cm.
- c. Enrollar en un rodo (1.0 cm de diámetro).
- d. Evaluar por rajaduras y rompimiento en las dos caras.
- e. Escala:

1 = no hay rajaduras

2 = signo de rajaduras pero no de rompimiento

3 = rajaduras y rompimiento son obvios en una cara

4 = rajaduras y rompimiento son obvios en las dos caras

5 = no se puede enrrollar<sup>2</sup>

#### 11. Tamaño de gránulos:

El nixtamal debe ser molido en molino de nixtamal bajo las mismas condiciones o en molino de carne.

- a. Pesar 50 g de masa.
- b. Agregar 100 ml de agua y agitar para preparar una suspensión.
- c. Pasar por tamices de 20, 30, 40 y 60 mesh.
- d. Lavar con 25-30 cm de agua.
- e. Secar los sólidos que se quedan arriba del tamiz por 12 horas a 60°C.
- f. Calcular el índice de tamaño de partículas (PSI):

$$\text{PSI} = \left[ \frac{(2.0)(\text{peso en tamiz \#20})}{\text{Total recuperado}} + \frac{(3.0)(\text{peso en tamiz \#30})}{\text{Total recuperado}} + \frac{(4.0)(\text{peso en tamiz \#40})}{\text{Total recuperado}} + \frac{(6.0)(\text{peso en tamiz \#60})}{\text{Total recuperado}} \right]$$

#### 12. Índice de Absorción de Agua e Índice de Solubilidad en Agua:

- a. Pesar una muestra de 2.5 g de harina nixtamalizada, y colocarla en un tubo de centrífuga previamente pesado.
- b. Agregar 30 ml de agua, y agitar durante 30 minutos.
- c. Centrifugar durante 10 minutos a 3,000 rev/seg.

---

<sup>2</sup> Friend, C.P., R.D. Wanislea & L.W. Rooney. *Effects of hidrocolloids on fevassing and qualities of inheat tortillas*. Cereal dum. 70: 252-253, 1991.

- d. Colocar el sobrenadante en una caja petri, previamente pesada y deshidratar por dos horas a 120°C, hasta eliminar toda el agua.
- e. Pesar la caja y calcular el porcentaje de muestra soluble de la siguiente manera:

$$\text{WSI} = \frac{\text{Peso de Sólidos Solubles Secos}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

- f. Expresar el índice de absorción de agua como:

$$\text{WAI} = \text{g gel /g muestra.}$$

**APENDICE C**

**RESULTADOS ANALISIS ESTADISTICO**

**SPSS/PC+ The Statistical Package for IBM PC**

----- ONE WAY -----

Variable: **PESO DE 1,000 GRANOS**  
By Variable: **MUESTRA**

Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F	Ratio	Prob.
Between Groups	10	34395.3821	3439.5382	71.3353		.0000
Within Groups	22	1060.7627	48.2165			
Total	32	35456.1448				

Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

$4.9100 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Mean Group 4 3 5 2 1 8 6 9 7 0 1

249.9033	Grp 4	
272.3772	Grp 3	*
292.3132	Grp 5	*
301.4474	Grp 2	**
307.5290	Grp 1	**
308.7235	Grp 8	**
319.9607	Grp 6	***
331.0275	Grp 9	*****
335.2627	Grp 7	*****
354.7868	Grp10	*****
364.1049	Grp11	*****

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group Grp 4  
Mean 249.9033

## SUBSET 2

Group Grp 3 Grp 5  
Mean 272.3772 292.3132

## SUBSET 3

Group Grp 5 Grp 2 Grp 1 Grp 8  
Mean 292.3132 301.4474 307.5290 308.7235

## SUBSET 4

Group Grp 2 Grp 1 Grp 8 Grp 6  
Mean 301.4474 307.5290 308.7235 319.9607

## SUBSET 5

Group Grp 6 Grp 9 Grp 7  
Mean 319.9607 331.0275 335.2627

## SUBSET 6

Group Grp 7 Grp10  
Mean 335.2627 354.7868

## SUBSET 7

Group Grp10 Grp11  
Mean 354.7868 364.1049

## ----- ONE WAY -----

Variable: **DENSIDAD**  
By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	.0043	.0004	1.4144	.2380	
Within Groups	22	.0067	.0003			
Total	32	.0110				

## Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.0123 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$ 

No two groups are significantly different at the .050 level

-----

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 9	Grp 8	Grp 3	Grp 2	Grp 5
Mean	1.2669	1.2685	1.2705	1.2783	1.2791

Group	Grp 4	Grp11	Grp 1	Grp10	Grp 7
Mean	1.2792	1.2877	1.2878	1.2900	1.2940

Group	Grp 6
Mean	1.3063

-----

## ----- ONE WAY -----

Variable:       **% DE HUMEDAD DEL GRANO**  
 By Variable:    **MUESTRA**

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F	
				Ratio	Prob.
Between Groups	10	2.3284	.2328	1.0299	.4515
Within Groups	22	4.9739	.2261		
Total	32	7.3023			

-----

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.3362 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$ 

No two groups are significantly different at the .050 level

-----

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 3	Grp 7	Grp 4	Grp 1	Grp 8
Mean	12.9777	13.0578	13.0687	13.1138	13.1414

Group	Grp 6	Grp 5	Grp10	Grp11	Grp 9
Mean	13.1824	13.2659	13.3203	13.3550	13.5209

Group	Grp 2
Mean	13.9655

-----

## ----- ONE WAY -----

Variable: **FLOTADORES**  
 By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	832.2424	83.2242	41.6121	.0000	
Within Groups	22	44.0000	2.0000			
Total	32	876.2424				

-----

## Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $1.0000 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$ 

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	0	9	1	6	2	5	1	4	8	7	3
2.6667	Grp10											
3.6667	Grp 9											
4.3333	Grp 1											
6.0000	Grp 6											
8.0000	Grp 2					*	*					
9.0000	Grp 5					*	*	*				
9.6667	Grp11					*	*	*				
11.6667	Grp 4					*	*	*	*			
15.0000	Grp 8					*	*	*	*	*	*	*
16.0000	Grp 7					*	*	*	*	*	*	*
18.3333	Grp 3					*	*	*	*	*	*	*

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp10	Grp 9	Grp 1	Grp 6
Mean	2.6667	3.6667	4.3333	6.0000

---

## SUBSET 2

Group	Grp 1	Grp 6	Grp 2
Mean	4.3333	6.0000	8.0000

---

## SUBSET 3

Group	Grp 6	Grp 2	Grp 5	Grp11
Mean	6.0000	8.0000	9.0000	9.6667

---

## SUBSET 4

Group	Grp 2	Grp 5	Grp11	Grp 4
Mean	8.0000	9.0000	9.6667	11.6667

---

## SUBSET 5

Group	Grp 4	Grp 8
Mean	11.6667	15.0000

## SUBSET 6

Group	Grp 8	Grp 7	Grp 3
Mean	15.0000	16.0000	18.3333

## ----- ONE WAY -----

Variable: % DE CASCARA

By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	3.1973	.3197	1.5614	.1839	
Within Groups	22	4.5049	.2048			
Total	32	7.7022				

## Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.3200 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$ 

No two groups are significantly different at the .050 level

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 5	Grp 3	Grp 6	Grp 8
Mean	5.0898	5.4112	5.4269	5.4549	5.4555

Group	Grp11	Grp 1	Grp 4	Grp 7	Grp 9
Mean	5.4989	5.5144	5.6045	5.8073	6.0554



Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp11	Grp 8
Mean	9.6313	10.0827	10.3810	10.9421	11.4401

Group	Grp 4
Mean	11.4827

-----  
SUBSET 2

Group	Grp 2	Grp 3	Grp11	Grp 8	Grp 4
Mean	10.0827	10.3810	10.9421	11.4401	11.4827

Group	Grp10	Grp 6
Mean	11.9042	12.0395

-----  
SUBSET 3

Group	Grp 3	Grp11	Grp 8	Grp 4	Grp10
Mean	10.3810	10.9421	11.4401	11.4827	11.9042

Group	Grp 6	Grp 9
Mean	12.0395	12.4180

-----  
SUBSET 4

Group	Grp11	Grp 8	Grp 4	Grp10	Grp 6
Mean	10.9421	11.4401	11.4827	11.9042	12.0395

Group	Grp 9	Grp 5
Mean	12.4180	12.5692

-----  
SUBSET 5

Group	Grp 8	Grp 4	Grp10	Grp 6	Grp 9
Mean	11.4401	11.4827	11.9042	12.0395	12.4180

Group	Grp 5	Grp 7
Mean	12.5692	13.2880



Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 7	Grp 9	Grp10	Grp 5	Grp 6
Mean	80.9047	81.5266	81.8400	82.0196	82.5056

## SUBSET 2

Group	Grp 9	Grp10	Grp 5	Grp 6	Grp 4
Mean	81.5266	81.8400	82.0196	82.5056	82.9129

Group	Grp 8
Mean	83.1044

## SUBSET 3

Group	Grp10	Grp 5	Grp 6	Grp 4	Grp 8
Mean	81.8400	82.0196	82.5056	82.9129	83.1044

Group	Grp11
Mean	83.5590

## SUBSET 4

Group	Grp 6	Grp 4	Grp 8	Grp11	Grp 3
Mean	82.5056	82.9129	83.1044	83.5590	84.1921

## SUBSET 5

Group	Grp 8	Grp11	Grp 3	Grp 2	Grp 1
Mean	83.1044	83.5590	84.1921	84.8276	84.8542

## -----ONEWAY-----

Variable: % DE PERDIDAS DE MATERIA SECA  
By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	26.6579	2.6658	4.3071	.0021	
Within Groups	22	13.6165	.6189			
Total	32	40.2744				

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.5563 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$ 

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	1	5	4	3	6	0	9	2	8	7	1
3.6087	Grp11											
3.7370	Grp 5											
3.8992	Grp 4											
3.9881	Grp 3											
4.8136	Grp 6											
4.9532	Grp10											
5.0593	Grp 9											
5.0935	Grp 2											
5.2494	Grp 8											
5.7649	Grp 7											
6.6859	Grp 1		*	*	*	*						

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp11	Grp 5	Grp 4	Grp 3	Grp 6
Mean	3.6087	3.7370	3.8992	3.9881	4.8136

Group	Grp10	Grp 9	Grp 2	Grp 8	Grp 7
Mean	4.9532	5.0593	5.0935	5.2494	5.7649

---

## SUBSET 2

Group	Grp 6	Grp10	Grp 9	Grp 2	Grp 8
Mean	4.8136	4.9532	5.0593	5.0935	5.2494

Group	Grp 7	Grp 1
Mean	5.7649	6.6859

---

## ----- ONE WAY -----

Variable: **CASCARA RESIDUAL**  
 By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F	F
			Ratio	Prob.	
Between Groups	10	.8357	.0836	1.4936	.2073
Within Groups	22	1.2309	.0559		
Total	32	2.0665			

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

.1673 \* Range \* Sqrt(1/N(I) + 1/N(J))

No two groups are significantly different at the .050 level

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means  
do not differ by more than the shortest  
significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 8	Grp 3	Grp 4	Grp 2	Grp11
Mean	.5897	.6786	.6791	.7247	.7375

Group	Grp 6	Grp 5	Grp 1	Grp 7	Grp10
Mean	.7707	.7959	.9697	.9894	.9920

Group	Grp 9
Mean	1.1136

## ----- ONE WAY -----

Variable: % DE HUMEDAD DEL NIXTAMAL COCIDO  
 By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	29.8201	2.9820	5.3918	.0005
Within Groups	22	12.1673	.5531		
Total	32	41.9874			

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

.5259 \* Range \* Sqrt(1/N(I) + 1/N(J))

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Mean	Group	1	9	0	7	5	2	1	3	6	4	8
40.2879	Grp11											
40.3671	Grp 9											
40.4683	Grp10											
40.9416	Grp 7											
41.3587	Grp 5											
41.4206	Grp 2											
41.6253	Grp 1											
41.9746	Grp 3											
42.4654	Grp 6					*						
42.5693	Grp 4					**						
43.3653	Grp 8					***						

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp11	Grp 9	Grp10	Grp 7	Grp 5
Mean	40.2879	40.3671	40.4683	40.9416	41.3587

Group	Grp 2	Grp 1	Grp 3
Mean	41.4206	41.6253	41.9746

-----  
SUBSET 2

Group	Grp 9	Grp10	Grp 7	Grp 5	Grp 2
Mean	40.3671	40.4683	40.9416	41.3587	41.4206

Group	Grp 1	Grp 3	Grp 6
Mean	41.6253	41.9746	42.4654

-----  
SUBSET 3

Group	Grp10	Grp 7	Grp 5	Grp 2	Grp 1
Mean	40.4683	40.9416	41.3587	41.4206	41.6253

Group	Grp 3	Grp 6	Grp 4
Mean	41.9746	42.4654	42.5693

-----  
SUBSET 4

Group	Grp 5	Grp 2	Grp 1	Grp 3	Grp 6
Mean	41.3587	41.4206	41.6253	41.9746	42.4654

Group	Grp 4	Grp 8
Mean	42.5693	43.3653

## ----- ONE WAY -----

Variable: % DE ABSORCION DE AGUA DEL NIXTAMAL COCIDO  
By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	21.2591	2.1259	4.6668	.0012	
Within Groups	22	10.0218	.4555			
Total	32	31.2809				

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

.4773 \* Range \* Sqrt(1/N(I) + 1/N(J))

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	1	0	7	1	9	8	6	2	3	5	4	
39.5925	Grp11												
39.7668	Grp10												
40.0617	Grp 7												
40.0769	Grp 1												
40.7121	Grp 9												
40.8099	Grp 8												
40.9433	Grp 6												
41.3133	Grp 2												
41.5644	Grp 3									*			
41.7010	Grp 5									*			
42.1439	Grp 4									*	*	*	*

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp11	Grp10	Grp 7	Grp 1	Grp 9
Mean	39.5925	39.7668	40.0617	40.0769	40.7121

Group	Grp 8	Grp 6	Grp 2
Mean	40.8099	40.9433	41.3133

---

## SUBSET 2

Group	Grp10	Grp 7	Grp 1	Grp 9	Grp 8
Mean	39.7668	40.0617	40.0769	40.7121	40.8099

Group	Grp 6	Grp 2	Grp 3	Grp 5
Mean	40.9433	41.3133	41.5644	41.7010

---

## SUBSET 3

Group	Grp 9	Grp 8	Grp 6	Grp 2	Grp 3
Mean	40.7121	40.8099	40.9433	41.3133	41.5644

Group	Grp 5	Grp 4
Mean	41.7010	42.1439

---

----- ONEWAY -----

Variable:       **% DE HUMEDAD DEL NIXTAMAL REMOJADO**  
 By Variable:   **MUESTRA**

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	71.6426	7.1643	4.1007	.0028	
Within Groups	22	38.4359	1.7471			
Total	32	110.0785				

---

Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

.9346 \* Range \* Sqrt(1/N(1) + 1/N(J))

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	1	2	7	1	9	0	6	5	8	4	3
------	-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

44.7786	Grp 1	
45.9704	Grp 2	
47.1349	Grp 7	
47.2917	Grp11	
47.6224	Grp 9	
47.9389	Grp10	
48.8114	Grp 6	*
48.8886	Grp 5	*
49.1484	Grp 8	*
49.3890	Grp 4	*
49.8487	Grp 3	**

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 1	Grp 2	Grp 7	Grp11	Grp 9
Mean	44.7786	45.9704	47.1349	47.2917	47.6224

Group	Grp10
Mean	47.9389

## SUBSET 2

Group	Grp 2	Grp 7	Grp11	Grp 9	Grp10
Mean	45.9704	47.1349	47.2917	47.6224	47.9389

Group	Grp 6	Grp 5	Grp 8	Grp 4
Mean	48.8114	48.8886	49.1484	49.3890

## SUBSET 3

Group	Grp 7	Grp11	Grp 9	Grp10	Grp 6
Mean	47.1349	47.2917	47.6224	47.9389	48.8114

Group	Grp 5	Grp 8	Grp 4	Grp 3
Mean	48.8886	49.1484	49.3890	49.8487

## ----- ONE WAY -----

Variable: % DE ABSORCION DE AGUA DEL NIXTAMAL REMOJADO  
By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	78.3138	7.8314	17.7097	.0000	
Within Groups	22	9.7286	.4422			
Total	32	88.0425				

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure  
Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

## ----- ONE WAY -----

Variable: **pH**  
 By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	1.0289	.1029	.5744	.8171
Within Groups	22	3.9407	.1791		
Total	32	4.9696			

## Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

$.2993 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$

No two groups are significantly different at the .050 level

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means  
do not differ by more than the shortest  
significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 3	Grp 4	Grp 9	Grp10
Mean	7.6800	7.7033	7.8567	7.8833	7.9433

Group	Grp 7	Grp 1	Grp 5	Grp11	Grp 8
Mean	7.9600	8.0467	8.0600	8.1867	8.1933

Group	Grp 6
Mean	8.2067



Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 1	Grp 4	Grp 8	Grp 3
Mean	2.3880	3.6210	3.8935	3.9819	4.4383

Group	Grp 7	Grp 6	Grp 9	Grp 5	Grp11
Mean	4.7566	5.4492	5.9271	6.0500	6.0842

-----  
SUBSET 2

Group	Grp 1	Grp 4	Grp 8	Grp 3	Grp 7
Mean	3.6210	3.8935	3.9819	4.4383	4.7566

Group	Grp 6	Grp 9	Grp 5	Grp11	Grp10
Mean	5.4492	5.9271	6.0500	6.0842	7.0601

## ----- ONE WAY -----

Variable: **INDICE DE ABSORCION DE AGUA**  
By Variable: **MUESTRA**

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	.4105	.0411	1.8889	.1028	
Within Groups	22	.4781	.0217			
Total	32	.8887				

-----  
Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.1042 * \text{Range} * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$ 

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	7	0	1	3	9	2	8	6	5	1	4
3.0618	Grp 7											
3.1340	Grp10											
3.1874	Grp11											
3.1930	Grp 3											
3.2055	Grp 9											
3.2101	Grp 2											
3.2189	Grp 8											
3.2404	Grp 6											
3.2537	Grp 5											
3.2913	Grp 1											
3.5310	Grp 4	*										

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 7	Grp10	Grp11	Grp 3	Grp 9
Mean	3.0618	3.1340	3.1874	3.1930	3.2055

Group	Grp 2	Grp 8	Grp 6	Grp 5	Grp 1
Mean	3.2101	3.2189	3.2404	3.2537	3.2913

---

SUBSET 2

Group	Grp10	Grp11	Grp 3	Grp 9	Grp 2
Mean	3.1340	3.1874	3.1930	3.2055	3.2101

Group	Grp 8	Grp 6	Grp 5	Grp 1	Grp 4
Mean	3.2189	3.2404	3.2537	3.2913	3.5310

---

## ----- ONE WAY -----

Variable: **INDICE DE SOLIDOS SOLUBLES**  
 By Variable: **MUESTRA**

## Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	4.5602	.4560	4.0175	.0031	
Within Groups	22	2.4972	.1135			
Total	32	7.0573				

-----  
Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

$$.2382 * \text{Range} * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$$

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Mean	Group	4	3	2	1	1	0	9	8	5	6	7
3.2193	Grp 4											
3.8313	Grp 3											
3.9097	Grp 2											
4.0111	Grp11											
4.0476	Grp 1											
4.1640	Grp10											
4.1855	Grp 9											
4.2774	Grp 8								*			
4.3598	Grp 5								*			
4.4701	Grp 6								*			
4.7154	Grp 7								*			

-----  
 Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 4	Grp 3	Grp 2	Grp11	Grp 1
Mean	3.2193	3.8313	3.9097	4.0111	4.0476

Group	Grp10	Grp 9
Mean	4.1640	4.1855

-----  
SUBSET 2

Group	Grp 3	Grp 2	Grp11	Grp 1	Grp10
Mean	3.8313	3.9097	4.0111	4.0476	4.1640

Group	Grp 9	Grp 8	Grp 5	Grp 6	Grp 7
Mean	4.1855	4.2774	4.3598	4.4701	4.7154

## -----ONEWAY-----

Variable: **ADHESIVIDAD**  
By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	.6011	.0601	1.2050	.3402	
Within Groups	22	1.0974	.0499			
Total	32	1.6985				

-----  
Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.1579 * \text{Range} * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$ No two groups are significantly different at the .050 level  
-----

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 2	Grp 1	Grp10	Grp 3	Grp 9
Mean	.1767	.3233	.3667	.3933	.4333

Group	Grp 8	Grp11	Grp 4	Grp 6	Grp 7
Mean	.4900	.4967	.5267	.5500	.6333

Group	Grp 5
Mean	.6667

----- ONE WAY -----

Variable: **RESISTENCIA**  
By Variable: MUESTRA

Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F	Ratio	Prob.
Between Groups	10	804.7001	80.4700	1.5281	.1951	
Within Groups	22	1158.5571	52.6617			
Total	32	1963.2572				

Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

$5.1314 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$

No two groups are significantly different at the .050 level

-----

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp 7	Grp 6	Grp11	Grp 4	Grp10
Mean	22.4000	25.4000	28.2667	29.2583	31.2667

Group	Grp 5	Grp 8	Grp 2	Grp 9	Grp 3
Mean	32.5833	34.4000	35.1667	35.2833	35.5833

Group Grp 1  
Mean 40.4333

---

----- ONE WAY -----

Variable: **INDICE DE PENETROMETRO**  
By Variable: MUESTRA

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	2574.0000	257.4000	1.0496		.4378
Within Groups	22	5395.3333	245.2424			
Total	32	7969.3333				

---

Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

$11.0734 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$

No two groups are significantly different at the .050 level

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp10	Grp 4	Grp 3	Grp 8	Grp11
Mean	162.6667	170.0000	171.6667	175.0000	176.0000

Group	Grp 2	Grp 1	Grp 6	Grp 9	Grp 5
Mean	176.6667	181.6667	181.6667	185.0000	190.0000

Group	Grp 7
Mean	195.0000

---



Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp10	Grp 7	Grp11	Grp 2	Grp 9
Mean	42.3972	45.1642	45.7141	46.6143	46.6723

## SUBSET 2

Group	Grp 7	Grp11	Grp 2	Grp 9	Grp 3
Mean	45.1642	45.7141	46.6143	46.6723	47.5417

Group	Grp 1	Grp 5	Grp 4	Grp 8	Grp 6
Mean	47.5426	48.1588	48.2006	48.5242	48.9649

## ----- ONE WAY -----

Variable: **RENDIMIENTO TEORICO DE LA MASA**  
By Variable: **MUESTRA**

## Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F	F Ratio	Prob.
Between Groups	10	1765.8397	176.5840	5.0665		.0007
Within Groups	22	766.7692	34.8531			
Total	32	2532.6089				

## Multiple Range Test

## Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

$$4.1745 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$$

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	0	2	9	1	1	7	8	3	4	6	5
105.3333	Grp10											
109.3333	Grp 2											
110.6667	Grp 9											
111.7949	Grp 1											
116.6667	Grp11											
121.3333	Grp 7											
121.3333	Grp 8											
122.3590	Grp 3											
125.3333	Grp 4	*										
126.0000	Grp 6	*										
128.0000	Grp 5	**	*									

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp10	Grp 2	Grp 9	Grp 1	Grp11
Mean	105.3333	109.3333	110.6667	111.7949	116.6667

Group	Grp 7	Grp 8	Grp 3
Mean	121.3333	121.3333	122.3590

---

## SUBSET 2

Group	Grp 2	Grp 9	Grp 1	Grp11	Grp 7
Mean	109.3333	110.6667	111.7949	116.6667	121.3333

Group	Grp 8	Grp 3	Grp 4	Grp 6
Mean	121.3333	122.3590	125.3333	126.0000

---

## SUBSET 3

Group	Grp 1	Grp11	Grp 7	Grp 8	Grp 3
Mean	111.7949	116.6667	121.3333	121.3333	122.3590

Group	Grp 4	Grp 6	Grp 5
Mean	125.3333	126.0000	128.0000

---

## -----ONEWAY-----

Variable: **RENDIMIENTO PRACTICO DE LA MASA**

By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F	F	F
			Ratio	Prob.		
Between Groups	10	1732.4578	173.2458	6.0136	.0002	
Within Groups	22	633.8005	28.8091			
Total	32	2366.2583				

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $3.7953 * \text{Range} * \text{Sqrt}(1/N(I) + 1/N(J))$ 

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

Mean	Group	0	9	1	2	1	8	7	3	4	6	5
102.0400	Grp10											
104.9200	Grp 9											
105.9390	Grp 1											
106.0267	Grp 2											
112.0133	Grp11											
115.6800	Grp 8											
117.7067	Grp 7											
118.9579	Grp 3						*					
120.1200	Grp 4						*					
121.7733	Grp 6						***					
123.1333	Grp 5						***					

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp10	Grp 9	Grp 1	Grp 2	Grp11
Mean	102.0400	104.9200	105.9390	106.0267	112.0133

Group	Grp 8	Grp 7
Mean	115.6800	117.7067

## SUBSET 2

Group	Grp 9	Grp 1	Grp 2	Grp11	Grp 8
Mean	104.9200	105.9390	106.0267	112.0133	115.6800

Group	Grp 7	Grp 3	Grp 4
Mean	117.7067	118.9579	120.1200

## SUBSET 3

Group	Grp11	Grp 8	Grp 7	Grp 3	Grp 4
Mean	112.0133	115.6800	117.7067	118.9579	120.1200

Group	Grp 6	Grp 5
Mean	121.7733	123.1333

## ----- ONE WAY -----

Variable: **RENDIMIENTO DE TORTILLAS**  
By Variable: **MUESTRA**

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Squares	Mean Squares	F	F Ratio	F Prob.
Between Groups	10	6146.9697	614.6970	3.0052		.0150
Within Groups	22	4500.0000	204.5455			
Total	32	10646.9697				

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure  
Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with  $\text{Mean}(J) - \text{Mean}(I)$  is..

$$10.1130 * \text{Range} * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$$

(\*) Denotes pairs of groups significantly different at the .050 level

---

Mean	Group	0	9	1	3	7	1	8	5	2	6	4
131.6667	Grp10											
150.0000	Grp 9											
150.0000	Grp11											
151.6667	Grp 3											
155.0000	Grp 7											
158.3333	Grp 1											
160.0000	Grp 8											
170.0000	Grp 5											
175.0000	Grp 2		*									
175.0000	Grp 6		*									
180.0000	Grp 4		*									

---

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means do not differ by more than the shortest significant range for a subset of that size)

SUBSET 1

Group	Grp10	Grp 9	Grp11	Grp 3	Grp 7
Mean	131.6667	150.0000	150.0000	151.6667	155.0000

Group	Grp 1	Grp 8	Grp 5
Mean	158.3333	160.0000	170.0000

---

SUBSET 2

Group	Grp 9	Grp11	Grp 3	Grp 7	Grp 1
Mean	150.0000	150.0000	151.6667	155.0000	158.3333

Group	Grp 8	Grp 5	Grp 2	Grp 6	Grp 4
Mean	160.0000	170.0000	175.0000	175.0000	180.0000

---

## ----- ONE WAY -----

Variable: **ROLABILIDAD**

By Variable: MUESTRA

## Analysis of Variance

Source	Sum of D.F.	Mean Squares	F	F	F
			Ratio	Prob.	
Between Groups	10	12.6667	1.2667	2.4588	.0377
Within Groups	22	11.3333	.5152		
Total	32	24.0000			

## Multiple Range Test

Tukey-HSD Procedure

Ranges for the .050 level -

5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06 5.06

The ranges above are table ranges.

The value actually compared with Mean(J)-Mean(I) is..

 $.5075 * \text{Range} * \sqrt{1/N(I) + 1/N(J)}$ 

No two groups are significantly different at the .050 level

Homogeneous Subsets (Subsets of groups, whose highest and lowest means  
do not differ by more than the shortest  
significant range for a subset of that size)

## SUBSET 1

Group	Grp 6	Grp 9	Grp11	Grp 2	Grp 5
Mean	1.3333	1.3333	1.3333	1.6667	1.6667

Group	Grp 7	Grp 8	Grp 1	Grp 3	Grp 4
Mean	1.6667	2.0000	2.3333	2.6667	3.0000

Group	Grp10
Mean	3.0000