

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA DEL GRANO DE TRIGO HARINERO

Prestador del servicio social

Mauricio Cedillo Martínez

Matricula: 2143075201

Asesores:

Interno: Dra. Patricia Bárcenas Abogado

Núm. Económico: 14213

Externo: Dr. Eliel Martínez Cruz

Céd. Profesional: 11435028

Lugar de Realización

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Laboratorio de Investigación del Centro Experimental Valle de México, ubicado en el km. 13.5 de la carretera Los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, Municipio de Texcoco, Estado de México.

Fecha de inicio y termino:

Del 17 de febrero de 2020 al 17 de Agosto de 2020.

ÍNDICE

I.	Resumen.....	1
II.	Introducción.....	1
III.	Marco teórico.....	3
	3.1. INIFAP-CEVAMEX.....	3
	3.2. Especificaciones del cultivo.....	3
	3.3. Clases de trigos.....	3
	3.3.1 Clases de trigo panificable.....	3
	3.3.2 Clases de trigo no panificable.....	4
	3.4. Normatividad.....	4
	3.5. Calidad de trigo panificable.....	5
	3.5.1 Daños del grano.....	5
	3.5.2 Peso de mil granos.....	5
	3.5.3 Peso hectolítrico.....	5
	3.5.4 Contenido de humedad.....	6
	3.5.5 Dureza del grano.....	6
IV.	Objetivos.....	6
	4.1. Objetivo general.....	6
	4.2. Objetivos específicos.....	6
	4.3. Metas.....	7
V.	Metodología utilizada.....	7
VI.	Actividades realizadas.....	9
VII.	Objetivos y metas alcanzadas.....	11
VIII.	Resultados, discusión y conclusión.....	11
	8.1. Resultados.....	11
	8.2. Discusión.....	15
	8.3. Conclusión.....	16
IX.	Recomendaciones.....	16
X.	Literatura citada.....	17
XI.	Anexo.....	19

I. RESUMEN

La pureza genética, sanidad y calidad física del grano son importantes para la calidad panificable de trigo harinero. Se sabe que hay diversos factores que afectan algunos parámetros físicos de este cereal; por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar, conocer y aprender las pruebas realizadas en el laboratorio de inocuidad y calidad de trigo del INIFAP en el Campo Experimental Valle de México. Se evaluaron las variables peso hectolitrito (kg/hL^{-1}), dureza del grano (%), humedad del grano (%) y peso de mil granos (g) de las variedades: Faisán S2016, Elia M2016, Cisne 2016, Alondra F2014 y Bárcenas 2016 de acuerdo a las normativas correspondientes para granos panificables. Los genotipos mostraron diferencias altamente significativas para peso hectolítrico, la dureza, la humedad y el peso de mil granos, aunque ninguna variedad es desechada por no cumplir los requerimientos necesarios solo Faisán S2016 y Bárcenas 2016 cumplen con lo dispuesto para considerarse como trigos suaves, sin embargo, las variedades cumplen con lo necesario para considerarse como buenos trigos harineros.

Palabras clave: rendimiento, gluten, resistencia a enfermedades, factores climáticos.

II. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda global de alimentos genera desafíos, oportunidades y amenazas para los sistemas de producción agrícola. Esta demanda requiere de sistemas que provean productos en cantidad y calidad mejorando la vida de las personas y preservando el ambiente. En este marco, no solo es de vital importancia atender la demanda de alimento, si no también, atender la calidad de estos, para proveer los nutrientes necesarios para el consumidor. Con respecto a lo anterior, el trigo es uno de los cultivos con gran importancia en México, este cultivo aporta 20% de las calorías consumidas anualmente en el mundo (CIMMYT, 2018). Además, el trigo es una de las principales fuentes de energía alimentaria y la principal fuente de proteína de consumo humano, junto con el arroz, la carne y la caña de azúcar, constituyen más del 50% del consumo total de energía. Por otra parte, el trigo junto

con la carne y el arroz, totalizan el 50% del consumo de proteínas del mundo (Divito y García, 2017).

En este contexto, el INIFAP-CEVAMEX mantiene un continuo trabajo en la creación de nuevas variedades de trigo, que con base en el mejoramiento genético se optimizan las características del cultivo como son: mayores rendimientos, resistencia a factores climáticos, resistencia a plagas y enfermedades (Villaseñor, 2015), pero además, como menciona la NMX-FF-036-1996: para productos no industrializados, cereales, trigo (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum*), especificaciones y métodos de prueba; se evalúan las características físicas del grano tales como: daños en grano, peso de mil granos, tamaño del grano, peso hectolítrico, contenido de humedad y dureza del grano con la finalidad de obtener harina de calidad para uso en la producción de galletas, pan o pastas, según las características que la variedad presenta.

Por otra parte, el trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente junto al maíz y el arroz. Un gran porcentaje de la producción total de trigo es utilizado para el consumo humano en la elaboración de pan, galletas y pastas, otro tanto es destinado a alimentación animal y el restante se utiliza en la industria o como simiente (semilla) (Prückler *et al.*, 2014). Este grano, ha recibido atención en lo que respecta a sus propiedades nutrimentales, fitoquímicas y funcionales, por lo que su utilización para consumo humano se ha basado en aplicaciones específicas, apreciándose principalmente por su alto contenido de fibra insoluble. En la actualidad, se encuentran documentadas una serie de propiedades del salvado que son benéficas para la salud humana, gracias a sus componentes, entre los que se incluyen la fibra dietética, proteínas, minerales, vitaminas del complejo B, vitamina E, compuestos fenólicos, luteína, antocianinas, tocotrienoles y ácido fítico (Kawaguchi *et al.*, 2017). Sin embargo, en las siembras de temporal, la calidad física de este cultivo se ve de gran manera afectada por la presencia de granos inmaduros, lluvias durante la maduración del grano, sequía, enfermedades por hongos, prebrotado de grano, etc., lo que afecta directamente al peso hectolítrico, lo que a su vez disminuye el rendimiento harinero y por lo tanto se tienen problemas

de comercialización (Villaseñor *et al.*, 2014). Por lo que es de gran importancia realizar las evaluaciones físicas pertinentes en laboratorio, y con ello mantener la calidad nutricional, calidad física grano y un buen rendimiento harinero.

Por lo anterior, en este trabajo se evaluó la calidad física del trigo harinero, en cinco variedades evaluadas en campo por el INIFAP-CEVAMEX, aplicando las pruebas físicas necesarias en el laboratorio de calidad e inocuidad del instituto.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 INIFAP-CEVAMEX

El centro experimental Valle de México (CEVAMEX), tiene más de 66 años desarrollando estrategias, con el fin de aplicarlas en los ámbitos público-científicos y tecnológicos disponibles, así como caracterizar y estudiar las cadenas agroalimentarias en los principales cultivos de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), trigo (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*) y avena (*Avena sativa*) además de promover su movilización a mayores niveles de producción y de estabilidad ecológica (INIFAP, 2017).

3.2 Especificaciones del cultivo

El trigo (*Triticum* spp) es una planta perenne que pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae) y su origen data de la civilización mesopotámica, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el medio oriente y que posteriormente se extendió a Palestina (en la zona Jericó), el sur de Turquía (área de Katal Huyul), hasta la propia Mesopotamia y el Golfo Pérsico, regiones conocidas como creciente fértil. El descubrimiento de la fermentación del trigo se le atribuye a los egipcios, además de su uso para la elaboración de alimentos (Ramos, 2013).

3.3 Clases de trigo

Existen dos clases de trigos: los panificables que pertenecen a la especie: *Triticum aestivum* L. y que comprenden los grupos 1, 2, 3 y 4, y los trigos no panificables que corresponden al *Triticum durum* DESF, comprendiendo el grupo 5 (NMX-FF-36-1996).

3.3.1 Clase de trigo panificable (*Triticum aestivum* L.). Es el trigo que se utiliza en la elaboración de harinas para pan, galletas, tortillas y otros, el cual se identifica en cuatro grupos (grupo 1, 2, 3 y 4.) de acuerdo a las características de calidad del gluten (NMX-FF-36-1996).

Grupo 1: (trigos de gluten fuerte). Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria mecanizada de la panificación y para mezclas con trigos suaves (NMX-FF-36-1996).

Grupo 2: (trigos de gluten medio fuerte). Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria artesanal y semimecanizada de pan, así como para mezclas con trigos suaves (NMX-FF-36-1996).

Grupo 3: (trigos suaves de gluten débil). Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria galletera y para la elaboración de otros productos (NMX-FF-36-1996).

Grupo 4: (trigos de gluten tenaz). Es el que posee poca fuerza y valores de tenacidad altos, aptos para mezclas y en la producción de harinas con diferente potencial de utilización en la industria pastelera, galletera y en otros productos (NMX-FF-36-1996).

3.3.2 Clase de trigo no panificable (*Triticum durum* Desf). Es el trigo apto para la elaboración de pastas y otros productos, y a ésta corresponde al grupo 5 (NMX-FF-36-1996).

Grupo 5 (trigos cristalinos). Aptos para la producción de semolinas, utilizada en la elaboración de pastas y otros productos (NMX-FF-36-1996).

3.4 Normatividad

Las normas en las cuales se basa la producción de trigo y su procesamiento en México son las siguientes:

NMX-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados. Cereales. Trigo. (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* DESF.). Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

3.5 Calidad de trigo panificable

Las principales variables que se toman en cuenta dentro del laboratorio de calidad de trigo del INIFAP-CEVAMEX y que se evalúan son: peso de mil granos, peso hectolítrico, contenido de humedad y dureza del grano entre otros.

3.5.1 Daños en el grano: consta de la observación de las unidades de las muestras para identificar los daños presentes, ocasionados por factores bióticos y abióticos como pueden ser: inmadurez en los granos, trigos dañados por sequías, lluvias durante la maduración, enfermedades, etc., lo que disminuyen el peso hectolítrico. Estos indicadores pueden demostrar aspectos faltantes en la mejora de las variedades experimentales y a su vez, se refleja tanto en la calidad como en el rendimiento de la harina (NMX-FF-36-1996; Wilson, 2000).

3.5.2 El peso de mil granos: el peso de mil granos también es un indicador de calidad de las harinas y esto se basa en la asunción de los granos grandes y densos que contienen mayor proporción de endospermo y por lo tanto mayor rendimiento en el molino. Como en el caso del peso hectolítrico no es un índice 100% confiable. En algunos casos altos pesos (1000 g) se relacionan con bajo contenido de proteínas. Esta prueba física está íntimamente relacionada con la condición física del grano, ya que, si el grano está dañado también tendrá un peso bajo (NMX-FF-36-1996 y Wilson, 2000).

3.5.3 El peso hectolítrico: con esta prueba se mide el rendimiento que dará el trigo por cada kilo y de esta forma se sabe si la variedad está dando buenos granos

hablando de peso. Es una de las características más importantes del comercio mundial de trigo y es considerado por el molinero como una característica importante que se encuentra relacionada con el rendimiento de harina, debido a que está relacionado con la condición física del grano y por lo tanto con la densidad real del grano la cual se expresa en kg/hL^{-1} . Un menor peso del grano es un fuerte indicador de trigos dañados o trozados. Los valores comprendidos entre 76.0 y 79.0 kg/hL^{-1} , están dentro de las exigencias de comercialización de trigo de consumo, valores menores a 68 kg/hL^{-1} quedan descartados (NMX-FF-36-1996., Wilson, 2000).

3.5.4 El contenido de humedad: este factor es importante para un correcto almacenamiento del grano, ya que, con porcentajes superiores a 12-13%, la humedad disminuye el rendimiento de la molienda además de que los análisis deben ser hechos sobre una misma tasa de humedad para ser comparables. Si el grano se almacena con un alto contenido de humedad, puede originar problemas fúngicos además de disminuir el rendimiento de la molienda. (NMX-FF-36-1996 y Wilson, 2000).

3.5.5 Dureza del grano: la dureza es producida por la fuerza de unión entre la proteína y el almidón en el endospermo, la cual es controlada genéticamente. La textura del endospermo de una harina puede estar dentro de dos categorías que se describen como duro y blando. Esta característica está genéticamente determinada, y está asociada con la presencia (blando) o ausencia (duro) de proteínas específicas en la superficie de los gránulos de almidón. Independientemente de la base química de esta diferencia genética, la importancia para el proceso del cereal se apoya en las propiedades físicas de dureza y blandura (NMX-FF-36-1996., Wilson, 2000).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad de cinco variedades de trigos harineros liberados por el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

4.2 Objetivos específicos

- Identificar qué variedades de trigo cumplen con la calidad física óptima para producción de harina.
- Identificar las variedades óptimas para un mayor rendimiento harinero
- Identificar qué variedades cumplen con las características físicas adecuadas para panificación.

4.3 Metas

- Aplicar los métodos y procesos adecuadamente para la evaluación de las variedades de trigo.
- Dominar los procesos necesarios para determinar la calidad física del grano de trigo.
- Demostrar compromiso y acción conforme a los valores éticos de conducta profesional, en materia de alimentación como aporte a la sociedad.

V. METODOLOGÍA UTILIZADA

La investigación se llevó a cabo, complementando las revisiones literarias con las visitas a los campos experimentales y las actividades en laboratorio, con el apoyo de los investigadores y trabajadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en el Km.13.5 de la Carretera los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, C.P. 56250.

Para determinar la calidad que tienen las variedades liberadas por el instituto, se realizaron pruebas físicas dentro del laboratorio, estas pruebas se realizaron en las variedades:

- Faisán S2016
- Elia M2016
- Cisne 2016
- Alondra F2014
- Bárcenas 2016

Las variables que se evaluaron son: peso de mil granos (g), peso hectolítrico (kg hL⁻¹), contenido de humedad (%) y dureza del grano (%),

Peso de mil granos (g): para esta variable, se contaron mil granos de cada variedad, eliminando aquellos granos que se presentaban chupados o dañados, una vez que se contaron los mil granos, se vaciaron dentro de un sobre de papel para posteriormente ser pesados con ayuda de una báscula gramera (Wilson, 2000).

El peso hectolítrico: se determina en una balanza Winchester Bushel Meter o Ohaus (Método 55-10, AACCC, 2005). El peso hectolítrico mide el peso del grano por unidad de volumen (kg/hL^{-1}). Esta bascula cuenta con un embudo que en la parte inferior tiene una placa de metal que se puede mover y con la que se dejan pasar los granos que contiene el embudo, con ello se llenó un recipiente que tiene una capacidad de un litro. Una vez que el recipiente se llenó por completo, se pasó una tablilla de madera por encima del recipiente para eliminar el exceso de granos de trigo. Con ayuda de una tabla de valores, se calcula la equivalencia para obtener el peso hectolítrico. Parte de la innovación del INIFAP, se cuenta con un equipo llamado “Aquamatic 5200” en el que solo se necesitan 10 segundos para obtener peso hectolítrico, porcentaje de humedad y temperatura del grano, para ello se introduce en el equipo un kilogramo de semilla.

Contenido de humedad: para la obtención de estos datos se pesa un kilogramo de cada variedad, posteriormente se vierte en el medidor “Aquamatic 5200”, aprobado oficialmente para la medición de humedad, al cabo de 10 segundos da la información.

La dureza (J): para esta variable se utiliza un método llamada “Perlado”, que consta de, tomar una muestra de 20 g, que se vierte en un pequeño molino, este molino tienen en su interior una piedra que lima las semillas por un tiempo de 50 segundos, con esto se puede identificar la dureza del grano e identificar si son granos duros (para pan), granos suaves (para galletas) o granos cristalinos (para pastas). Una vez que el grano es limado, se colecta y se vuelve a medir su peso y se realiza una ecuación para identificar el tipo de grano, la fórmula que se utiliza es:

$$\frac{\text{Peso de muestra} - \text{peso de muestra perlada}}{\text{peso de muestra}} * 100.$$

Una vez obtenido el resultado, se compara con una tabla que muestra los porcentajes de dureza para determinar qué tipo de grano es. Si el porcentaje es menor a 45 se considera grano duro y si es mayor a 50 se considera grano suave. También se puede tener una idea del tipo de grano, ya que los granos duros tienden a no limarse tanto y no pierden demasiado tamaño, por el contrario, los granos suaves quedan muy reducidos de tamaño. Por otra parte, los trigos cristalinos, tienden a ser de un color amarillo en comparación a los trigos duros que comparten un tamaño similar.

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS

En el siguiente cuadro se muestran las actividades realizadas durante la duración de la investigación.

Cuadro 1. Cronograma de actividades.

Mes	Actividades
1.- Del 17 de febrero al 17 de marzo.	Introducción, Evaluación de calidad física de trigo
2.- Del 18 de marzo al 17 de abril.	Evaluación de calidad física de trigo, trabajos en campo experimental
3.- Del 18 de abril al 17 de mayo.	Actividades en laboratorio.
4.- Del 18 de mayo al 17 de junio.	Evaluaciones de calidad física.
5.- Del 18 de junio al 17 de julio.	Evaluación de calidad física de grano y adquisición de conocimiento de los procedimientos posteriores en laboratorio.
6.- Del 18 de julio al 17 de agosto.	Evaluación de calidad física de grano de las variedades a evaluar y obtención de resultados.

Mes 1. Del 17 de febrero al 17 de marzo

Durante el primer mes, se presentó el equipo de trabajo de laboratorio, las áreas con las que cuenta el laboratorio, así como, las actividades que se realizan en cada una de estas áreas y el personal que labora en ellas. Se explicó en general de cada

actividad dentro del laboratorio y como se realiza. Posteriormente con el paso de los días, de acuerdo en el área que se trabajaba se dio una teoría más específica a las actividades que se efectúan, en esta ocasión se llevó a cabo, el conteo de mil semillas por variedad y obtención del peso de dichos mil granos. Además, se desempeñaron actividades en el campo experimental, como fue: el desmezclado de las plantas con el fin de eliminar aquellas plantas que no presentan las cualidades requeridas.

Mes 2. Del 18 de marzo al 17 de abril

Para este mes, se continuó con el desmezclado de plantas y se realizó limpieza manual de semilla de trigo que consta de eliminar las impurezas que aún quedaban en las bolsas de las variedades con las que se cuentan en el CEVAMEX. Se llevó a cabo la obtención del peso hectolítrico utilizando una báscula Shoper.

Mes 3. Del 18 de abril al 17 mayo

Se procede a obtener el peso hectolítrico con ayuda del equipo “Acuamatic 5200” además de obtener la humedad de las muestras de las variedades analizadas. Se realiza el proceso de perlado de muestras y con ayuda de una tabla de valores se determina la dureza del grano.

Mes 4. Del 18 de mayo al 17 de junio

Se continúa con el perlado de muestras de trigo, y se comienza con una explicación más profunda de los procedimientos posteriores a las evaluaciones físicas del grano.

Mes 5. Del 18 de junio al 17 de julio

Posterior a la evaluación física del grano, se realizó la molienda de aproximadamente 1.5 kilogramos de cada muestra con la finalidad de obtener 1 kilogramo de harina. Y se realiza el amasado de cada muestra para poder realizar las pruebas reológicas que constan de obtener los resultados de fuerza y flexibilidad de la masa con ayuda de un equipo de medición llamado “AlveOlink”. Una vez que se determinaron estos elementos se lleva a cabo la evaluación de la calidad

panadera; para ello, se elabora pan con la harina obtenida de cada variedad a evaluar, una vez que se tuvo el pan, se corta por la mitad para determinar: volumen del pan, color de miga y textura. Con estos procesos se procede a un dictamen de las mejores variedades de trigo harinero para producción de pan, pastas o galletas.

Mes 6 del 18 de julio al 17 de agosto

Se realizó la evaluación de la calidad física del grano de las variedades a evaluar en esta investigación: Faisán S2016, Elia M2016, Cisne 2016, Alondra F2014 y Bárcenas 2016.

Cabe mencionarse que la investigación se vio afectada en tiempo, por motivos del problema sanitario ocasionado por el SARS-COV2, al tomarse como medida preventiva, el cierre de las instalaciones del Centro Experimental Valle de México y del Laboratorio de calidad de trigo panificable, debido a esto las actividades propias de la investigación se postergaron alrededor de 3 meses. Sin embargo durante el cierre de las instalaciones se llevaron a cabo actividades en los campos experimentales del INIFAP. Una vez reactivadas las actividades en laboratorio, se continuó con la evaluación física del gran, acatando los lineamientos sanitarios para prevenir la propagación del SARS-COV2.

VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADAS

En este trabajo se contemplaron objetivos y metas que a pesar de los imprevistos, se pudieron concluir satisfactoriamente. Por lo tanto, se concluyó este trabajo, donde se pudo evaluar la calidad de cinco variedades de trigos harineros liberados por el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Con estas evaluaciones se realizó la identificación de las variedades de trigo que cumplen con la calidad física óptima para la producción de harina, además se pudo identificar, de las variedades, aquellas que tienen un mayor rendimiento harinero, así como aquellas que cumplen con las características adecuadas para la panificación.

También se pudo cumplir con las metas planificadas, por lo que se aplicaron adecuadamente los métodos y procesos necesarios para la evaluación de las variedades evaluadas, se pudo dominar los procesos para evaluar

satisfactoriamente calidad física del trigo harinero (peso de mil granos, peso hectolítrico, humedad y dureza), con gran esfuerzo y dedicación, se demostró compromiso y acción conforme a los valores de conducta profesional, en materia de alimentación para poder aportar beneficios a la sociedad.

VIII. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

8.1 Resultados

De acuerdo con los resultados del peso de mil granos, la variedad BARCENAS 2016 es la que contiene mayor densidad en sus granos al tener mayor endospermo y por lo tanto un mayor rendimiento, en comparación con la variedad ELIA M2016 que tiene un peso de 30 g. por mil granos y que se encuentra más próxima al promedio mínimo requerido. También, se puede observar en la figura 1, que todas las variedades se encuentran por encima del peso promedio mínimo requerido.

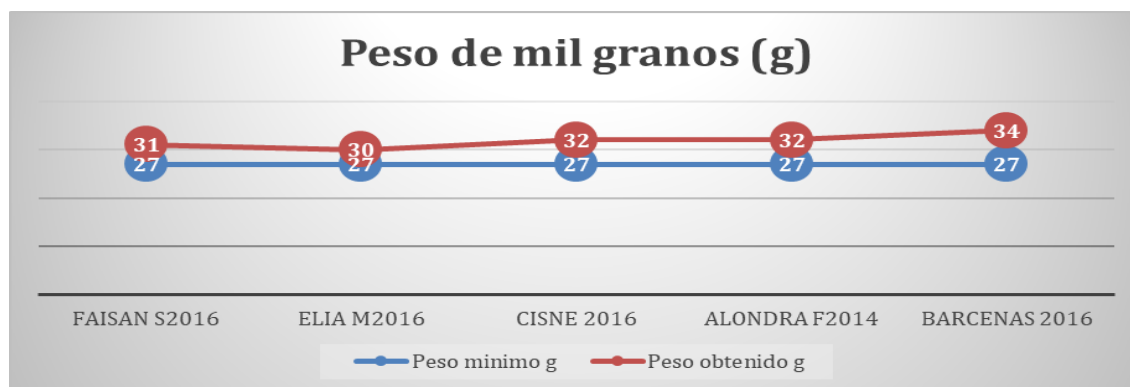


Figura 1. Comparación del peso promedio de mil granos, de las variedades evaluadas.}

Cuadro 2. Peso promedio (g), obtenido de mil granos de las variedades de trigo evaluadas.

Variedad	Peso de mil granos
Faisán S2016	31gr
Elia M 2016	30gr
Cisne 2016	32gr
Alondra F2014	32gr

Bárcenas 2016	34gr
---------------	------

En la figura 2, se observa que, las variedades: ELIA M2016 y ALONDRA F2014 se encuentran dentro del promedio de los rangos de exigencia para comercialización (76.0-79.0 kg/hL⁻¹). No obstante, las tres variedades restantes sobrepasan el promedio máximo (79.0 kg/hL⁻¹) requerido, por lo que también pueden ser utilizadas.

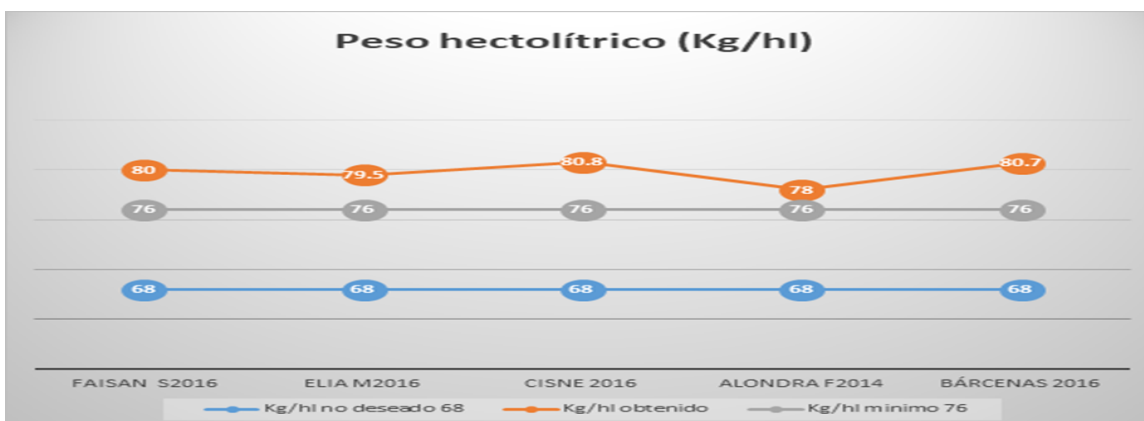


Figura 2. Comparación de los promedios obtenidos del peso hectolítrico.

Cuadro 3. Promedios del peso hectolitro de las variedades de trigo harinero evaluadas.

Variedad	Peso hectolítrico Kg/hL ⁻¹
Faisán S2016	80.0
Elia M 2016	79.5
Cisne 2016	80.8
Alondra F2014	78.0
Bárcenas 2016	80.7

En este caso el promedio del porcentaje de humedad de las variedades no supera el 13% máximo requerido para el almacenamiento de los granos, encontrándose las variedades: Elia M2016, Cisne 2016 y Alondra F2014 con los promedios más altos (10.8%) y la variedad Bárcenas 2016 con el promedio mínimo obtenido (10.4%). Por

lo que beneficia, evitando problemas fúngicos, de acuerdo con la literatura consultada.

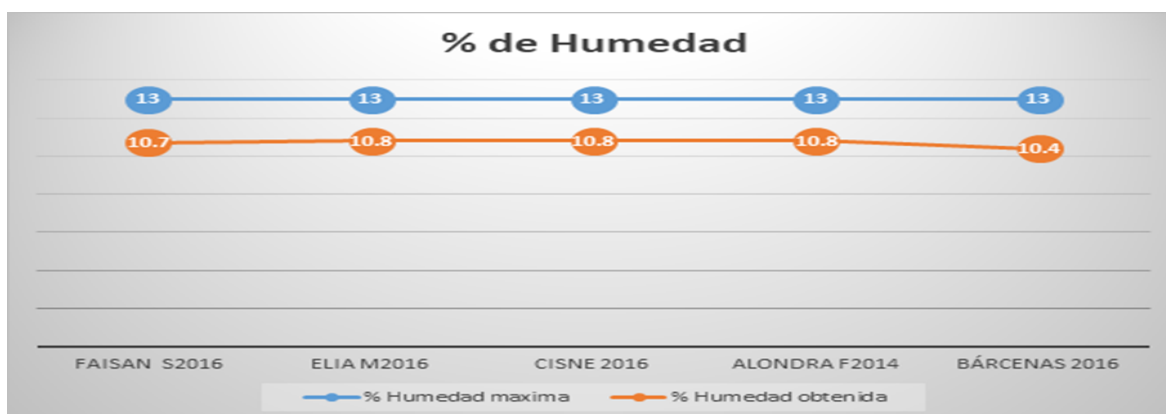


Figura 3. Comparación del porcentaje de humedad.

Cuadro 4. Promedio del porcentaje de humedad obtenido de las variedades de trigo evaluadas.

Variedad	% Humedad
Faisán S2016	10.7
Elia M 2016	10.8
Cisne 2016	10.8
Alondra F2014	10.8
Bárcenas 2016	10.4

La dureza del grano determina en qué tipo de proceso se puede utilizar una variedad. Por lo tanto y de acuerdo a los porcentajes arrojados, las variedades FAISAN S2016 y BARCENAS 2016 son trigos suaves por lo que su utilización puede realizarse en el procesamiento de pan, galletas, tortillas, otros. Por el contrario, las variedades ELIA M2016, CISNE 2016 Y ALONDRA F2014, son trigos duros por lo que se pueden utilizar para procesar pastas.

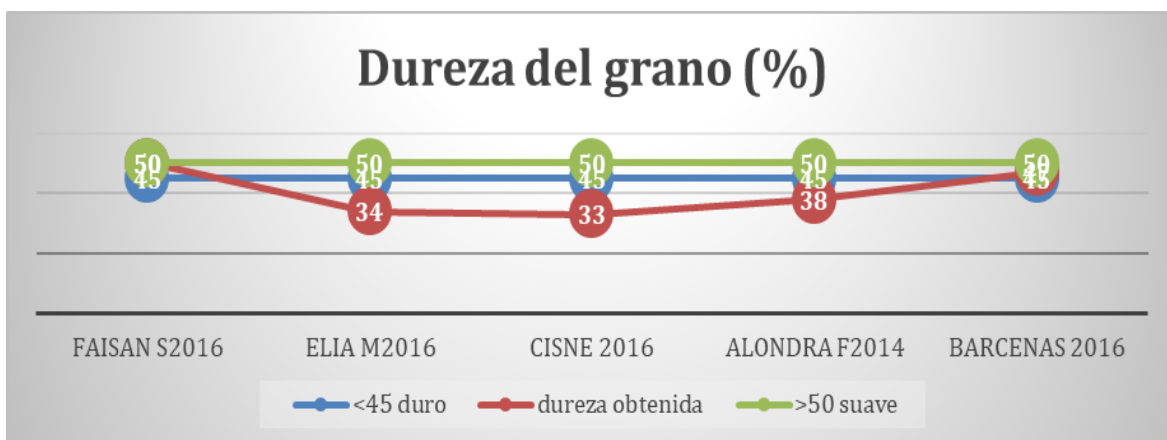


Figura 4. Comparación de los promedios de la dureza del grano.

Cuadro 5. Promedios obtenidos de porcentaje de la dureza del grano de las cinco variedades evaluadas.

Variedad	Dureza del grano
Faisán S2016	50
Elia M 2016	34
Cisne 2016	33
Alondra F2014	38
Bárcenas 2016	47

Una vez que terminan estas pruebas físicas, se llevaron a cabo las pruebas reológicas donde se determinó la calidad de la harina de trigo. En esta fase se determinan las propiedades: elasticidad, fuerza, y tenacidad de la harina. Posteriormente se determinó la calidad panadera, obteniendo: volumen del pan, el color de la miga y la textura cuyos resultados se encuentran en los cuadros 6 al 10 del ANEXO. Cabe mencionarse que las variedades que son trigos duros, es decir, aquellos que son óptimos para la elaboración de pastas, pueden ser utilizados para hacer pan, esto se logra al mezclar harina de trigos duros, con harinas de trigos suaves.

8.2 Discusión

El trigo es por lo general transformado en harina, la cual se destina a la elaboración de pan, galletas, pasteles, tortillas, pastas para sopas y una amplia gama de otros productos. Diferentes autores señalan que algo de lo más importantes del trigo es la proteína que se encuentra en el gluten (Ramos, 2013), podemos determinar esto por medio de pruebas físicas, midiendo el peso de mil granos, hectolítrico, porcentaje de humedad, dureza del grano, la elasticidad, fuerza, tenacidad, volumen que a su vez, son de los elementos fundamentales considerados para la elaboración del pan.

Cuando se habla de trigo, se hace partiendo de un enfoque de cada uno de los sectores que están involucrados en la cadena productiva; cada uno exige diversas condiciones de calidad, dependiendo de sus intereses o de la orientación que van a dar a los consumidores del grano y sus derivados. Se dice que el agricultor requiere tener una buena cosecha que le permita tener altos rendimientos; el industrial necesita que el trigo sea de calidad para moler y capaz de tener altos rendimientos en la extracción de harina; el panadero necesita harina de calidad y exige que ésta cumpla con los elementos necesarios para hacer pan, pasteles o galletas. Mientras que el consumidor final desea encontrar un producto de calidad, con alto valor nutritivo y tenga buen precio (Ramos, 2013); las variedades Cisne 2006 y Bárcenas 2016 son las que tienen mayor calidad panificable, sin embargo, no han demostrado buenas cualidades físicas, a pesar de tener buenos resultados en el laboratorio en comparación a las otras variedades evaluadas.

Gómez 2007, nos menciona que los cereales y sus subproductos son los alimentos más susceptibles de acumular toxinas fúngicas. El bajo contenido hídrico de estos alimentos favorece la conservación de las micotoxinas. Si las condiciones de cultivo o de almacenamiento no son las más idóneas, los mohos pueden sintetizar toxinas, muchas veces no se toman en cuenta que los granos pueden ir contaminados desde campo o adquirir la infección en el almacenaje; una de las principales enfermedades que ataca al grano es la punta negra (enfermedad fúngica), aunque la punta negra no influye en la producción final ni en el contenido de proteína, su presencia en los

granos cosechados reduce su valor comercial. La harina obtenida presenta malas cualidades culinarias, y a menudo color y olor desagradables (Chavez y Hohli, 2013)

8.3 Conclusión

Una vez conocidos los procedimientos realizados para determinar calidad de trigo harinero y contemplando las normas, se puede afirmar que los trabajos realizados en el laboratorio de calidad e inocuidad de trigo en el INIFAP-CEVAMEX, se rigen de acuerdo con los lineamientos específicos requeridos por las normatividades sobre la calidad de grano y harina panificable. Por otra parte, uno de los problemas que se presentan y afectan la calidad del grano, es la presencia de un conjunto de hongos (*Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Rhizoctonia* sp., *Torula* sp., *Geotrichum* sp., y *Helminthosporium* sp.) que provocan la enfermedad de punta negra en trigo y otras enfermedades asociadas al grano.

IX. RECOMENDACIONES

Con respecto a las actividades y observaciones realizadas, sería importante el uso de recursos, como los convenios con instituciones con el fin de que los alumnos puedan ayudar a los investigadores con las evaluaciones, esto ayudaría a realizar las investigaciones con mayor rapidez, así mismo, ayudaría a los estudiantes a involucrarse con las actividades propias de un investigador en el campo del mejoramiento genético de trigo harinero. Por parte de la institución sería conveniente la búsqueda de apoyos para la adquisición de equipo que ayude y facilite el término de las evaluaciones, ya que como se comentó, son equipos de elevados costos.

X. LITERATURA CITADA

Chávez, A y Hohli, M. (2013). Identificación de hongos presentes en la punta negra de trigo. Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO). Paraguay.

CIMMYT. 2018. Investigación sobre trigo. Disponible en: <https://www.cimmyt.org/es/investigacion-sobre-trigo/> (consulta 20 enero 2020)

Divito, G. A. y García, F. O. 2017. Manual del cultivo de trigo. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas. Programa Latinoamérica cono sur. 1ra Edición. Argentina.

Gómez, A. A. E. 2007. Alimentos y micotoxinas. ELSEVIER. Revista de farmacia profesional. Vol. 21. Num. 8. septiembre 2007.

INIFAP. 2017. Campo experimental Valle de México. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/circe/SitePages/internas/valle.aspx> (consulta 20 enero 2020)

INIFAP. 2107. Campo experimental Valle de México. Sitio web: <http://www.inifap.gob.mx/circe/SitePages/internas/valle.aspx> (consulta 20 de enero de 2020)

Kawaguchi, T., Ueno, T., Nogata, Y., Hayakawa, M., Koga, H., y Torimura, T. 2017. Wheat-bran autolytic peptides containing a branched-chain amino acid attenuate non-alcoholic steatohepatitis via the suppression of oxidative stress and the upregulation of AMPK/ACC in high-fat diet-fed mice. International Journal of Molecular Medicine. 39(2): 407-414

NOM-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados. Cereales. Trigo. (*Triticum aestivum* L y *Triticum durum* DESF). Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-247- SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos

Prückler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Höltinger, S., Haas, C., Schmid, E., y Kneifel, W. (2014). Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *Food Science and Technology*. 56(2): 211-221.

Ramos, G. 2013. Maíz, Trigo y Arroz, Los cereales que alimentan el mundo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Primera Edición Serna Impresos S.A de C.V. Monterrey, México

Villaseñor, M. H. E., Espitia, R. E., López, S. H., Peña, B. R. J., Herrera, H. J. y De la O, O. M. 2014. Calidad física de grano de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) mexicanos de temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 3. Núm. 2. pp. 271-283

Villaseñor, M. H. 2015. Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, [en línea] (11), pp.2183-2189. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263138103016>

Wilson Hugo, M. G., (2000). Tecnología de almacenamiento de granos de trigo. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA ed. Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo - Uruguay

XI. ANEXO

En los cuadros siguientes se muestran los resultados de las evaluaciones reológicas y las evaluaciones de la calidad panadera de las variedades utilizadas en la investigación.

Resultados de pruebas reológicas

Cuadro 6. Resultados de evaluaciones reológicas de las variedades evaluadas.

Variedad	Fuerza (W) (Joules)	Extensibilidad (L) (mm)	Tenacidad (P) (mm/H ₂ O)	Relación P/L	Índice de elasticidad de la masa (Le) (P200/P)	Proteínas (Pt) (%)	Gluten (G) (%)
Faisán S2016	113	67	62	.93	débil balanceado	10.00	18.2
Elia M 2016	146	76	75	.99	débil balanceado	9.90	19.4
Cisne 2016	284	79	111	1.41	media fuerte tenaz	10.90	19.8
Alondra F2014	416	81	154	1.90	fuerte balanceado	10.10	20.0
Bárceñas 2016	268	114	77	.68	fuerte extensible	9.90	23.8

Resultados de Evaluación de la calidad panadera

Cuadro 7. Calificación del color de las variedades de trigo evaluadas.

Variedad	Calificación	Color
Faisán S2016	9	Amarillo crema (Acr)
Elia M2016	9	Amarillo crema (Acr)
Cisne 2016	9	Amarillo crema (Acr)
Alondra F2014	10	Crema (Cr)

Bárceñas 2016	9	Amarillo crema (Acr)
---------------	---	----------------------

Cuadro 8. Volumen de pan (cm³) de las variedades de trigo evaluadas.

Variedad	Volumen de pan
Faisán S2016	750
Elia M2016	910
Cisne 2016	860
Alondra F2014	940
Bárceñas 2016	810

Cuadro 9. Calificación y clasificación de la textura de las variedades de trigo evaluadas.

Variedad	Calificación	Clasificación
Faisán S2016	9	Muy buena (MB)
Elia M2016	8	Buena (B)
Cisne 2016	8	Buena (B)
Alondra F2014	7	Regular (R)
Bárceñas 2016	9	Muy buena (MB)

Cuadro 10. Resultados generales de las evaluaciones realizadas en laboratorio.

Variedad	Faisán S2016	Elia M2106	Cisne 2016	Alondra F2014	Bárceñas 2016
Variabes					
Peso hectolítrico (Kg/hl)	80	79.5	80.8	78	80.7
Humedad (%)	10.7	10.8	10.8	10.8	10.4
Dureza del grano (%)	50	34	33	38	47

Peso de mil granos (g)	31gr	30gr	32gr	32gr	34gr
Fuerza de la masa (W)	113	146	284	416	268
Elasticidad de la masa (L)	67	76	79	81	114
Tenacidad (P)	62	75	111	154	77
Índice de elasticidad de la masa (Le)	débil balanceado	débil balanceado	media fuerte tenaz	fuerte balanceado	fuerte extensible
Proteína (Pt)	10.0	9.90	10.90	10.10	9.90
Gluten (G)	18.2	19.4	19.8	20.0	23.8
Volumen de pan (cm3)	750	910	860	940	810
Textura de pan	9 MB	8 B	8 B	7 R	9 MB
Color de pan	9 Acr	9 Acr	9 Acr	10 Cr	9 Acr