

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**



**TRABAJO FINAL DE CARRERA**

“Variabilidad del índice de caída y gluten en una colección internacional de genotipos de trigo”

**Carrera:** Ingeniería Agronómica

**Alumno:** Quiroga, Facundo

**Legajo:** 27465/6

**D.N.I:** 38633070

**E-mail:** [facuquioga\\_07@hotmail.com](mailto:facuquioga_07@hotmail.com)

**Teléfono:** 2227-502985

**Directora:** Dra. Ana Carolina Castro

**Co-directora:** Dra. María Rosa Simón

**Fecha:** 16 de Noviembre de 2019

## Contenido

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
HIPÓTESIS.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
RESULTADOS.....	12
CONCLUSIONES.....	27
REFERENCIAS.....	27
ANEXO DE FOTOS Falling Number:.....	30
ANEXO DE FOTOS %GH y %GS (Cortesía de Waldo Berrueta).....	33
APÉNDICE DE FOTOS.....	34

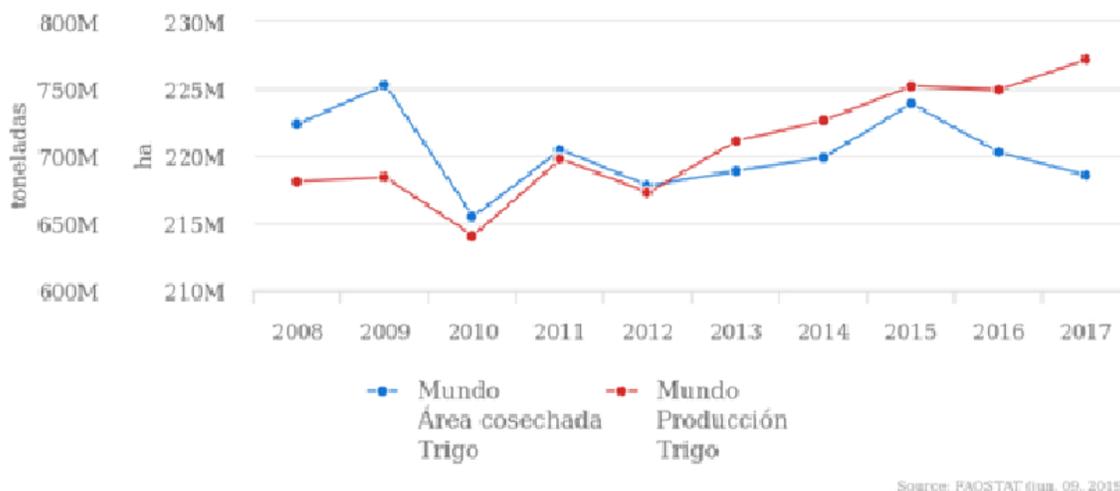
## RESUMEN

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.), es uno de los cereales más versátiles debido a que se encuentra en distintos alimentos como pan de caja, galletas, pastas, etc. aportando hidratos de carbono, nutrientes responsables de brindar energía al organismo tanto para vivir, como para alimentar al cerebro, músculos y realizar nuestras actividades diarias. Argentina, se posiciona como una gran consumidora a nivel mundial del principal producto elaborado del cereal: la harina. Más allá de las dietas de moda, que recomiendan reducir al máximo su ingesta, su consumo per cápita llega a los 78 kilos anuales. La calidad se puede definir como la aptitud para cumplir un fin en la forma más natural, sencilla y económica posible. Esto hace que la calidad sea un proceso dinámico y como tal evoluciona constantemente como consecuencia de las nuevas exigencias, aplicaciones y disponibilidades. Con respecto a la evaluación de la calidad, la industria es exigente en las características de las harinas que deben ser usadas para la obtención de determinados productos, ya que de ellas depende la calidad final y la mayor aceptación por parte del consumidor. La calidad panadera considera a la concentración y composición de las proteínas insolubles (gliadinas/gluteninas) que en conjunto se denominan gluten. Estas proteínas interactúan en presencia de agua para formar la parte insoluble de la harina que proporciona a las masas mayor o menor fuerza y elasticidad, características altamente deseables en el proceso de elaboración del pan. Las variedades de trigo que tienen un gluten fuerte producen una masa capaz de absorber grandes cantidades de agua y producir un pan de gran volumen y buena consistencia. Por el contrario, variedades que presentan un grano blando producen una harina muy fina, apropiada para la utilización en pasteles y galletas. Otro aspecto a tener en cuenta es el grado de degradación del almidón al momento de la cosecha. Este fenómeno está relacionado con la actividad de la enzima alfa amilasa que depende básicamente del comienzo de la germinación. Una manera indirecta de medir la actividad de la alfa amilasa, en una muestra de trigo recepcionada por un molino, es mediante el test denominado Falling Number. El objetivo de este trabajo es contribuir al mejoramiento de trigo identificando genotipos con buen contenido de gluten e índices de caída óptimos en una colección de 102 genotipos de trigo internacionales sembrados en Argentina. El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (EEJH-FCAyF-UNLP). Las diferencias en las variables contenido de gluten e índice de caída entre los genotipos se analizaron mediante análisis de varianza (ANAVA) con el programa estadístico GenStat 12 Ed. y las medias se compararon mediante test LSD ( $P < 0,05$ ). El valor medio de gluten húmedo fue 25,7% mientras que el de gluten seco dio un valor medio de 9,44%. El valor medio de Falling Number fue 356,3. Los genotipos destacados en contenido de gluten fueron *Triticum aestivum* L. var *murinumcompactoides* de Chipre (39,97%), *Triticum aestivum* L. var *ferrugineum* de Canadá (39,71%), y *Triticum aestivum* L. var *aestivum* de Italia (37,87%). Con respecto al índice de caída, los valores hallados no demuestran presencia de grano brotado y son valores aptos para lograr buenos productos panificados.

## INTRODUCCIÓN

El trigo pan (*Triticum aestivum* L.), es uno de los cereales más versátiles debido a que se encuentra en distintos alimentos como pan de caja, galletas, pastas, etc. aportando hidratos de carbono, nutrientes responsables de brindar energía al organismo tanto para vivir, como para alimentar al cerebro, músculos y realizar nuestras actividades diarias, (García Jiménez, 2016). De hecho, los carbohidratos son tan necesarios para nuestro cuerpo que más de la mitad de la energía que consumimos debe provenir de ellos. El trigo también es fuente de fibra, vitaminas del complejo B y minerales.

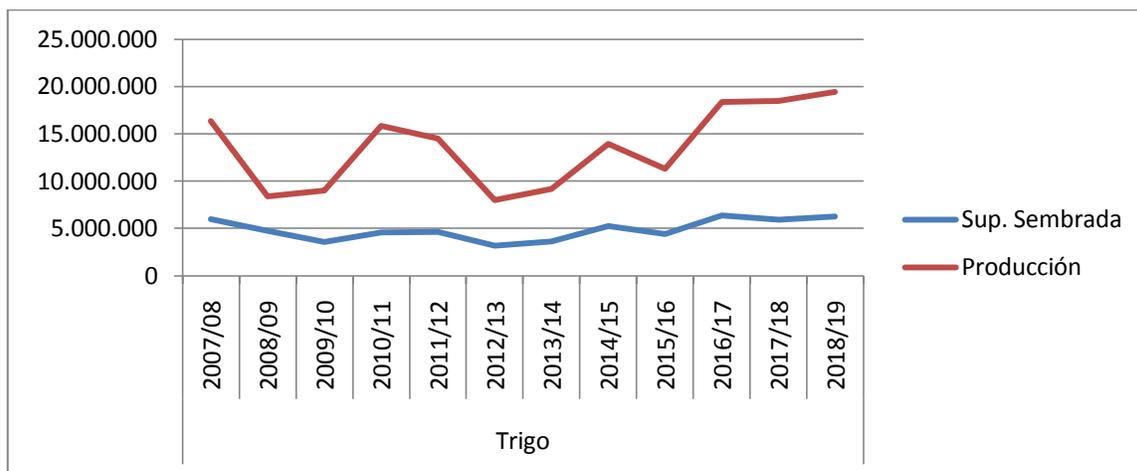
En la Figura 1 se puede evidenciar, tomando como referencia una década, que año tras año la producción de trigo a nivel mundial crece. Esto se debe principalmente al aumento de los rendimientos obtenidos por los avances en el mejoramiento genético, ya que la superficie sembrada, se mantuvo estable a través del tiempo (FAO, 2017).



**Figura 1. Superficie (ha) y producción (t) mundial de trigo para el periodo 2008-2017. Fuente: FAO, 2017.**

En el año 2019, la producción mundial de trigo rondará en los 770 millones de t, con una superficie sembrada de 218 millones de ha (Bolsa de Cereales, 2019). La Unión Europea es quien continúa liderando el ranking de productores al generar el 20% del trigo global, seguida de China y de India. En la Figura 2, se puede observar el aumento de la producción de trigo a nivel nacional. En los últimos años, aumentó considerablemente, tanto en superficie sembrada, como también en rendimiento. En el año 2012, Argentina produjo alrededor de 3 millones de t de trigo, con una superficie sembrada de 3.162.138 ha. En la campaña 2018-2019, la superficie sembrada de este cereal fue 6.287.443 ha,

llegando a una producción de 19.444.078 millones de t de trigo (Ministerio de Agroindustrias de la Nación, 2019). La consolidación de políticas públicas destinadas a la apertura de mercados internacionales y la eliminación de las retenciones establecidas a fines del año 2015 permitieron mantener la tendencia creciente en cuanto a la producción y ubicar a esta campaña en valores cercanos al récord de producción que experimentó la Argentina en el año 2007.



**Figura 2. Superficie (ha) y producción (t) nacional de trigo desde la campaña 2007-2008 hasta la campaña 2018-2019. Fuente: Ministerio de Agroindustrias de la Nación, 2019.**

En el último quinquenio, Argentina duplicó la producción de trigo y triplicó sus exportaciones. Para la campaña 2019/20 se espera que la tendencia se profundice, alcanzando el volumen de cosecha y despachos al exterior más altos de su historia. Se estima una superficie de siembra más alta en casi dos décadas, con 6,8 millones de t. Aplicándole a lo anterior un rinde tendencial que modelizado alcanza los 32,7 quintales por hectárea, se espera una cosecha de 21,2 millones de t, un récord histórico para Argentina (Corina *et al.*, 2019).

Argentina, se posiciona como una gran consumidora a nivel mundial del principal producto elaborado del cereal: la harina. Más allá de las dietas de moda, que recomiendan reducir al máximo su ingesta, su consumo per cápita llega a los 78 kilos anuales. La industria molinera se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de todo el territorio nacional. La provincia de Buenos Aires es la que cuenta con mayor número de molinos. Este dato coincide con el elevado volumen de trigo que produce y con la proximidad a la zona portuaria. El mayor consumo de harina de trigo se concentra durante el otoño y el invierno, cuando hace más frío y aumenta la adquisición de productos panificados y preparaciones con harina (Manzoni, 2018).

La calidad se puede definir como la aptitud para cumplir un fin en la forma más natural, sencilla y económica posible. Cuando los fines son múltiples, las calidades no son necesariamente intercambiables y la situación es más compleja cuando se integra la variabilidad de los procesos y la preferencia del consumidor por el producto final. Esto hace que la calidad sea un proceso dinámico y como tal evoluciona constantemente como consecuencia de las nuevas exigencias, aplicaciones y disponibilidades. El tema calidad ha tomado gran relevancia durante la última década a nivel global. Algunos lo consideran una traba comercial, otros lo definen como el resultado de la globalización y un paso necesario para incursionar en los mercados internacionales. Argentina hasta ahora se ha tenido que enfrentar en la colocación del trigo con países de tradición exportadora como son Estados Unidos, Canadá y Australia y lo ha hecho principalmente en base a bajos precios y no a calidad, mientras los competidores clasifican su producción en diferentes clases y tipos según la aptitud de uso final, ofreciendo diversidad y garantía de calidad. En el comercio actual de trigo, tanto interno como internacional, importa no sólo la aptitud de uso intrínseco del grano, sino también la consistencia o uniformidad que el proveedor sea capaz de lograr entre las partidas que entrega. Esta demanda no es antojadiza, y se basa en que la industria moderna de productos farináceos tiende a una creciente automatización de los procesos de manufactura, y resulta dificultoso en términos de tiempos y costos tener que adecuar el funcionamiento de las máquinas y el agregado de aditivos ante cada cambio en la calidad del insumo básico, en este caso, la harina (Chidichimo *et al*, 2006).

Con respecto a la evaluación de la calidad, la industria es exigente en las características de las harinas que deben ser usadas para la obtención de determinados productos, ya que de ellas depende la calidad final y la mayor aceptación por parte del consumidor. No todas las variedades se pueden adaptar a producir los diferentes productos ni a los diferentes procesos. Una variedad puede ser buena para panificación, pero puede no serlo para galletitas, repostería, pan dulce, pan de molde, etc., productos que requieren otras características en las harinas. Excepcionalmente la industria emplea harinas univarietales, con lo que la versatilidad en los comportamientos es aún más significativa. Resulta entonces que los diferentes sectores dan prioridad a distintos aspectos en la evaluación (Chidichimo *et al*, 2006).

Las principales variables que determinan la calidad nutricional del trigo son el contenido de almidón, proteínas, agua, y en menor proporción grasas, minerales, celulosa y vitaminas que contiene el grano de trigo (Jobet, 2005). La calidad panadera considera variables como la concentración y composición de las proteínas insolubles (gliadinas/gluteninas) que en conjunto se denominan gluten. Estas proteínas interactúan en presencia de agua para formar la parte insoluble de la harina que proporciona a las masas mayor o menor fuerza y elasticidad, características altamente deseables en el proceso de elaboración del pan. Las variedades de trigo que tienen un gluten fuerte producen una masa capaz de absorber grandes cantidades de agua y producir un pan de gran volumen y buena consistencia. Por el contrario, variedades que presentan un grano blando producen una harina muy fina, apropiada para la utilización en pasteles y galletas. Para el productor y acopiador, la proteína es importante ya que incide en el precio del

grano al formar parte del estándar de comercialización, con bonificaciones y descuentos por encima o por debajo de la base de comercialización del 11 %. En cambio, al molinero le interesa el contenido de gluten más que la proteína y eso se debe a que la proteína puede estar desnaturalizada por un almacenaje inadecuado o por secado del grano a altas temperaturas, haciendo que no formen gluten (Cuniberti, 2001). De allí que el gluten pasó a ser un parámetro clave en la comercialización interna.

Otro de los aspectos que influyen en la calidad panadera y molinera, es el grado de degradación del almidón al momento de la cosecha. Este fenómeno está relacionado con la actividad de la enzima alfa amilasa que depende básicamente del comienzo de la germinación. En condiciones normales de cultivo, la semilla completa su ciclo de desarrollo al alcanzar su máxima acumulación de la materia seca, estado que se conoce como madurez fisiológica. A partir de entonces, se produce la desecación de la semilla hasta alcanzar aproximadamente un 14% de humedad a cosecha. Cercano al momento de madurez fisiológica los niveles de ácido abscísico (ABA) en la semilla son altos, impidiendo la germinación. Dependiendo del grado de dormancia de las semillas, la concentración de ABA permanece alta por más tiempo (Finkelstein, 2010). Durante el proceso de germinación, la semilla absorbe agua (imbibición) y el embrión hidratado libera giberelinas, que se difunden hacia el endospermo, hasta llegar a las células de la capa de aleurona, donde inducen la producción de enzimas hidrolíticas. Entre estas enzimas se encuentran las amilasas, que se difunden hacia el endospermo para hidrolizar los gránulos de almidón a glucosa, la cual es utilizada por el embrión como fuente de energía (ATP), para su crecimiento (Azcon-Bieto y Talón., 2000).

La germinación de los granos está controlada tanto por factores genéticos como ambientales. Desde el punto de vista genético, la domesticación y los programas de mejoramiento de los cereales como el trigo, ha dirigido la selección en contra de la dormancia de las semillas con el fin de lograr la germinación rápida y uniforme de las semillas. Como resultado de esta presión selectiva, la mayoría de los cultivares comerciales de trigo son propensos a la germinación antes de la cosecha (Simpson, 1990). Esto ha generado que en regiones donde existen condiciones ambientales predisponentes para la germinación (humedad y temperatura), en el período entre madurez fisiológica y madurez de cosecha, se produzca el fenómeno de “germinación precoz”, “germinación en la espiga” o “pre-brotado” de los granos.

La germinación precoz o pre-brotado del trigo afecta negativamente la calidad panadera de éste, debido a que la hidrólisis de las moléculas de almidón reduce la viscosidad de la masa, la cual resulta pegajosa y difícil de procesar, produciendo panes poco estructurados al horneo (Chamberlain *et al.*, 1981). Una semilla pregerminada presenta una alta actividad de la enzima alfa amilasa, la cual es dependiente del grado de germinación del grano. Una manera indirecta de medir la actividad de la alfa amilasa, en una muestra de trigo recepcionada por un molino, es mediante el test denominado, Falling Number (FN) (índice de caída) medido en segundos.

Considerando lo anterior, la tolerancia a pre-brotado es una característica valorada por la industria molinera, para la fabricación de pan, y por los productores de trigo que están expuestos a la pérdida total de su producción, cuando existen condiciones genéticas y ambientales favorables para la germinación precoz del grano (Flores Galarce, 2016). Además de condiciones ambientales que pueden favorecer el brotado en precosecha, detectar características de los genotipos para esta variable es de importancia en planes de mejoramiento

En este trabajo se evaluará la variabilidad en porcentaje de gluten e índice de caída en una colección de genotipos de trigo internacional con fines de identificar genotipos sobresalientes que puedan incluirse en programas de mejoramiento del cultivo.

## **HIPÓTESIS**

Existe una amplia variabilidad en contenido de gluten e índice de caída en una colección internacional de genotipos de trigo y es posible seleccionar genotipos destacados.

## **OBJETIVO GENERAL**

Contribuir al mejoramiento genético identificando genotipos de trigo con buen contenido de gluten e índices de caída óptimos en una colección de 102 genotipos de trigo internacionales sembrados en Argentina.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Determinar el contenido de gluten y el índice de caída (expresado en segundos) en cada uno de los genotipos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se llevó a cabo en la EEJH-FCAyF-UNLP. Se utilizó un diseño en bloques al azar con 102 genotipos de trigo de una colección internacional (Tabla 1) previamente mapeada con marcadores moleculares con dos repeticiones. La colección de genotipos primaverales con caracteres contrastantes fue obtenida de una colección más amplia que incluía también trigos invernales seleccionados de 32 países del German Federal ex situ Genebank, Gatersleben, Alemania.

La preparación de la cama de siembra consistió en un esquema de labranza convencional con utilización de disco, rastra y rolo, así como de un barbecho químico, constituido por una aplicación en pre-siembra con Glifosato. Durante el ciclo del cultivo se realizó una aplicación en post-emergencia temprana de Misil® 100 cm<sup>3</sup>/ha + 5 g/ha (Dicamba 48 % - Metsulfurón Metil 60 %). La siembra se condujo en el mes de junio utilizando una sembradora experimental, con una distancia entre hileras de 20 cm y una densidad de 250 plantas/m<sup>2</sup>. Cada parcela presentó un largo de 3,40 m y un ancho de 1,40 m (4,8 m<sup>2</sup>). La cosecha se realizó de manera manual con hoz en tres segmentos de 1 metro lineal por parcela. En el laboratorio, se limpiaron todas las muestras, descartando materias

extrañas, llevando a cabo la molienda de las mismas con molino Brabender para la obtención de harina. Se evaluó el % de humedad de las muestras colocando 5 g (+/- 1 g de muestra) en un pesafiltro de vidrio con tapa (IRAM 15850-1). Los pesos se registraron en una balanza analítica. Los valores que se tomaron fueron el peso del pesafiltro vacío con su tapa (PV), el peso de la muestra (PM) y el peso de la muestra seca (PS).

Una vez colocada la muestra en el pesafiltro y pesada, se colocó en la estufa a 130°C durante 1 hora. Transcurrido este tiempo, se retiraron de la estufa y se colocaron en un desecador durante unos minutos hasta lograr la temperatura ambiente. El desecador de vidrio posee una placa de porcelana gruesa con sílicagel para absorber la humedad. Cuando la muestra bajó su temperatura se pesó (PS). Finalmente se aplicó la fórmula:

$$\% \text{ humedad} = (PM - PV) / (PM - PS) \times 100$$

### Determinación de Gluten

Para la determinación de gluten húmedo (GH), el ensayo se realizó por duplicado, utilizando el equipo Glutomatic 2200. Se colocaron 10 g de harina y 4,9 ml de agua destilada en cada vaso. La temperatura del agua de lavado fue de 24 °C (IRAM 15864-1). Luego de pasar por la centrífuga para eliminar el exceso de humedad, se pesó el gluten húmedo con balanza analítica precisa y el dato obtenido se multiplicó por 10, expresando el resultado al décimo. Para obtener el gluten seco (GS) se colocaron los dos bollitos de gluten (uno de cada vaso) en el Glutork (aparato de secado) y se dejaron 4 min 30 s. Por último, se pesó el gluten seco y se multiplicó por 10, expresando el resultado al décimo.

GH = Peso del gluten húmedo × (100 – 14,0) / 100 – humedad de referencia.

GS = Peso del gluten seco × (100 – 14,0) / 100 – humedad de referencia.

### Determinación del Falling Number ó índice de caída:

El método se basa en la rápida gelatinización de una suspensión de harina de trigo, introducida en un baño María hirviendo y en la subsiguiente medición del tiempo (en segundos) de la licuefacción del almidón contenido en la muestra por la acción de la alfa-amilasa, bajo condiciones similares a las que ocurren durante la cocción.

En un tubo viscosímetro de FN se colocaron los gramos de harina que indica la tabla (en base al % humedad calculado previamente) y se agregaron 25 ml de agua destilada, agitando enérgicamente 30 veces, ubicando el tubo en una posición de 45°. Rápidamente, se colocó el vástago dentro del tubo viscosímetro que posee la suspensión y se procedió al ensayo. Se efectuó una rápida gelificación y se midió después la fluidificación a través del tiempo que tardó en caer el vástago inmerso en el engrudo (IRAM 15862). El total de segundos es el número de caída o FN, el cual está en relación a la actividad de la enzima alfa amilasa. A mayor actividad enzimática, menor número de caída (indicando la presencia de grano brotado en la muestra).

Las diferencias en las variables contenido de gluten e índice de caída entre los genotipos se analizaron mediante análisis de varianza (ANAVA) con el programa estadístico GenStat 12 Ed. (VSN, 2009) y las medias se compararon mediante test LSD al nivel  $P < 0,05$ . Cabe destacar, que el genotipo 58 *Triticum aestivum* L. var. *lutescens* (Chile) no ligó, por lo tanto, su valor de gluten se estima que fue muy bajo, motivo por el cual no se incluyó en el ANAVA.

**Tabla 1. Genotipos de trigo utilizados y su origen**

Nº	Código	Nombre	Variedad botánica	Origen	Nº	Código	Nombre	Variedad botánica	Origen
1	TRI 403	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	EE.UU.	59	TRI 4551	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>leucospermum</i>	Chile
2	TRI 2513	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	China	60	TRI 4563	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>milturum</i>	Italia
3	TRI 2619	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>suberythrospes</i>	Nepal	61	TRI 4919	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>graecum</i>	Austria
4	TRI 2656	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Milturum</i>	India	62	TRI 4940	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	EE.UU.
5	TRI 2679	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	India	63	TRI 4942	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	EE.UU.
6	TRI 2835	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>meridionale</i>	Afganistán	64	TRI 4943	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Suecia
7	TRI 2889	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Nepal	65	TRI 5262	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Estonia
8	TRI 3126	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Milturum</i>	Portugal	66	TRI 5304	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Francia
9	TRI 3244	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	EE.UU.	67	TRI 5310	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Argentina
10	TRI 3438	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Alemania	68	TRI 5315	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Argentina
11	TRI 3477	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Nueva Zelanda	69	TRI 5325	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	EE.UU.
12	TRI 3492	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>desconocido</i>	Nepal	70	TRI 5332	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	España
13	TRI 3511	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Portugal	71	TRI 5333	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Alemania
14	TRI 3515	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Reino Unido	72	TRI 5342	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Reino Unido
15	TRI 3526	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Portugal	73	TRI 5357	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Bulgaria
16	TRI 3564	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Portugal	74	TRI 5386	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	España
17	TRI 3569	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Uruguay	75	TRI 5425	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Suecia
18	TRI 3570	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	India	76	TRI 5426	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	EE.UU.

19	TRI 3631	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Canadá	77	TRI 5438	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Irán
20	TRI 3633	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Canadá	79	TRI 5603	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Irán
21	TRI 3664	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Alemania	88	TRI 6148	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Irán
22	TRI 3831	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Portugal	89	TRI 10296	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	México
23	TRI 3839	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Francia	90	TRI 10297	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Brasil
24	TRI 3842	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Milturum</i>	Portugal	92	TRI 10311	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Japón
25	TRI 3874	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Milturum</i>	Italia	93	TRI 10336	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>variable</i>	China
26	TRI 3881	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Italia	94	TRI 10338	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>hostianum</i>	China
27	TRI 3895	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aureum</i>	Francia	95	TRI 10340	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>leucospermum</i>	China
28	TRI 3925	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	Uruguay	96	TRI 10591	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Chipre
29	TRI 3926	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	Uruguay	97	TRI 10593	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>murinumcompact oides</i>	Chipre
30	TRI 3929	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Pyrothrix</i>	China	98	TRI 10620	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>murinumcompact oides</i>	Chipre
31	TRI 3931	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>subhostianum</i>	China	99	TRI 10625	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Chipre
32	TRI 3955	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>desconocido</i>	Nepal	100	TRI 10654	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Chipre
33	TRI 3964	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>nigricans</i>	Nepal	102	TRI 10688	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Grecia
34	TRI 3987	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Pyrothrix</i>	India	103	TRI 10692	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Grecia
35	TRI 4013	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	Italia	104	TRI 10693	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Grecia
36	TRI 4041	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Canadá	105	TRI 10697	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Grecia
37	TRI 4042	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	China	106	TRI 10702	<i>T. species</i>	<i>(population)</i>	Desconocido
38	TRI 4056	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Villosum</i>	India	107	TRI 10703	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Grecia
39	TRI 4081	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Portugal	108	TRI 10704	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Grecia
40	TRI 4112	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>fulvocinereum</i>	Afghanistan	109	TRI 10705	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Grecia
41	TRI 4113	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Afghanistan	110	TRI 10707	<i>T. species</i>	<i>(population)</i>	Desconocido

42	TRI 4116	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aureum</i>	Italia	111	TRI 10709	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Grecia
43	TRI 4117	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	Italia	112	TRI 10710	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Grecia
44	TRI 4118	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	Italia	113	TRI 10780	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Grecia
47	TRI 4126	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Milturum</i>	Italia	114	TRI 10781	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Grecia
48	TRI 4130	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Milturum</i>	Italia	115	TRI 10785	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Grecia
49	TRI 4141	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>Aestivum</i>	Italia	116	TRI 11020	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	EE.UU.
50	TRI 4144	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Italia	117	TRI 11082	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Alemania
51	TRI 4145	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Italia					
52	TRI 4148	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Italia					
53	TRI 4149	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>ferrugineum</i>	Italia					
54	TRI 4171	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Italia					
55	TRI 4540	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>melanopogon</i>	Rusia					
56	TRI 4545	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>aestivum</i>	Austria					
58	TRI 4549	<i>Triticum aestivum</i> L.	<i>lutescens</i>	Chile					

## RESULTADOS

### Porcentaje de gluten húmedo (%GH) y gluten seco (%GS):

El análisis de varianza para gluten húmedo (Tabla 2) y gluten seco (Tabla 3) demostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados. El valor medio de gluten húmedo fue 25,7% mientras que el de gluten seco dio un valor medio de 9,44%.

**Tabla 2. Análisis de varianza de gluten húmedo en una colección de genotipos de trigo de origen internacional**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados Libertad</b>	<b>Suma Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F prob.</b>
<b>Repetición</b>	1	0,91	0,91	
<b>Genotipo</b>	100	5985,63	59,85	<0,001
<b>Error</b>	100	291,62	2,91	
<b>Total</b>	201	6278,17		

**Tabla 3. Análisis de varianza del gluten seco en una colección de genotipos de trigo de origen internacional**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados Libertad</b>	<b>Suma Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F prob.</b>
<b>Repetición</b>	1	0,53	0,53	
<b>Genotipo</b>	100	787,22	7,87	<0,001
<b>Error</b>	100	40,97	0,40	
<b>Total</b>	201	828,72		

El análisis de las medias de GH considerando el test LSD permitió diferenciar estadísticamente a grupos de genotipos con valores bajos y valores altos de GH. En la Tabla 4 se presentan todos los genotipos con las letras que indican las diferencias estadísticas según test LSD al nivel  $P < 0,05$ .

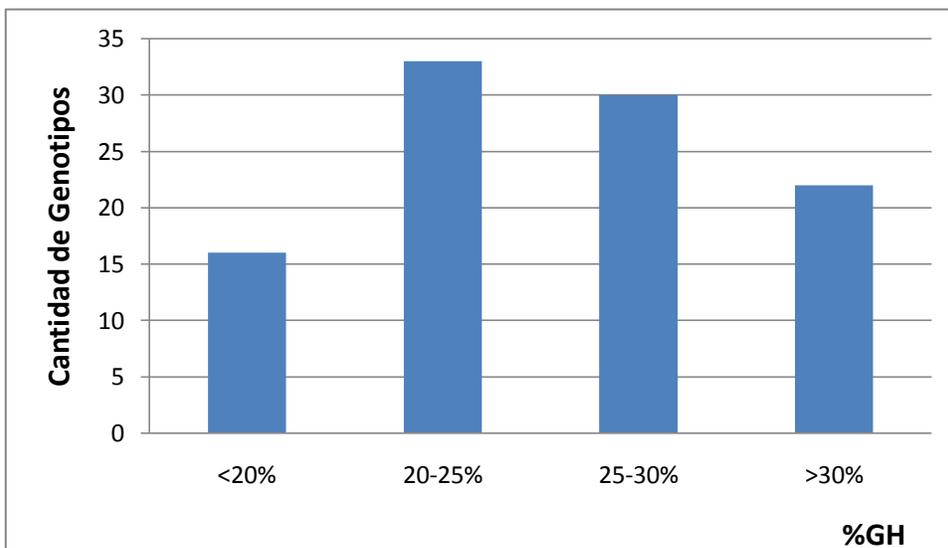
**Tabla 4. Contenido de gluten húmedo (%) en una colección de trigos de origen internacional**

<b>Genotipo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	22,09 f	19,82 fg	26,04de	22,04 fg	28,34 de	33,31 bc
<b>Genotipo</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
	19,49 fg	22,62 ef	20,9 fg	18,88 fg	28,87 de	29,81 cd
<b>Genotipo</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
	22,83 ef	30,04 cd	22,94 ef	27,14 de	26,46 de	28,85 de
<b>Genotipo</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
	22,81 ef	32,53 cd	21,95 fg	28,41 de	15,85 gh	24,24 ef
<b>Genotipo</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
	25,4 de	36,44 b	24 ef	26 de	24,13 ef	19,41 fg
<b>Genotipo</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
	25,48 e	32,94 c	26,52 de	22,98 ef	33,42 bc	39,71 ab
<b>Genotipo</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
	24,33 e	28,83 de	29,96 cd	23,91 ef	22,06 fg	17,96 g
<b>Genotipo</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
	19,15 fg	20,73 fg	32,39 cd	28,09 de	26,28 de	23,01 ef
<b>Genotipo</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>
	17,11 gh	37,87 ab	22,6 ef	13,66 h	19,67 fg	27 de
<b>Genotipo</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>
	19,06 fg	25,26 de	26,82 de	21,75 fg	24,9 de	22,66 ef
<b>Genotipo</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
	20,39 fg	32,37 cd	20,21 fg	24,68 de	24,11 ef	30,95 cd
<b>Genotipo</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>
	27 de	20,39 fg	31 cd	28,21 de	17,9 gh	35,46 bc

<b>Genotipo</b>	<b>77</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>93</b>
	24,04 ef	19,91 fg	33,19 bc	34,3 bc	22,88 ef	24,99 de
<b>Genotipo</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>
	27,81 de	29,38 d	16,73 gh	32,76 cd	39,97 a	33,95 bc
<b>Genotipo</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>	<b>105</b>	<b>106</b>
	29,75 cd	30,32 cd	31,27 cd	20,86 fg	22,9 ef	27,71 de
<b>Genotipo</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>110</b>	<b>111</b>	<b>112</b>
	28,64 de	24,72 de	27,17 de	26,98 de	27,11 de	31,05 cd
<b>Genotipo</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>115</b>	<b>116</b>	<b>117</b>	
	25,29 de	30,48 cd	19,41 fg	17,06 gh	20,96 fg	

Medias seguidas por distintas letras indican diferencias significativas LSD,  $P < 0,05$

El genotipo con el valor más alto de GH fue el 98 *Triticum aestivum L. var murinumcompactoides* de Chipre (39,97%), seguido por el genotipo 36 *Triticum aestivum L. var ferrugineum* de Canadá (39,71%), y el genotipo 52 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Italia (37,87%) los cuales, no se diferenciaron de manera significativa. En tanto que los genotipos con contenidos más bajos de GH fueron el 54 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Italia (13,66 %) y el 23 *Triticum aestivum L. var ferrugineum* de Francia (15,85%), seguidos por el genotipo 96 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Chipre (16,63%), genotipo 116 *Triticum aestivum L. var lutescens* de EEUU (17,06%) y el genotipo 51 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Italia (17,11%).



**Figura 3. Clasificación de Genotipos según %GH**

La Figura 4 muestra que, el 84% del total de las muestras poseen un %GH igual o mayor a 20%, mientras que el 16% restante del total de las muestras poseen un %GH inferior al 20%. La mayoría de los genotipos poseen un %GH entre 20-25% (33 genotipos), a estos le siguen los genotipos que poseen entre un 25-30% de GH (30 genotipos), por lo tanto, el 62% del total de muestras, corresponde a un GH entre un 20 y un 30%.

**Tabla 5. Número de genotipos con valores superiores a 20% GH en cada variedad botánica**

GENOTIPOS mayor o igual a 20% GH	CANTIDAD
<b><i>var. aestivum</i></b>	<b>25</b>
<b><i>var. lutescens</i></b>	<b>17</b>
<b><i>var. ferrugineum</i></b>	<b>17</b>
<i>var. milturum</i>	7
<i>var. phyrothrix</i>	1
<i>var.fulvocinereum</i>	1
<i>var. aureum</i>	1

<i>var. variable</i>	1
<i>var. subhostianum</i>	1
<i>var. subertythorospe</i>	1
<i>var. nigricans</i>	1
<i>var. graecum</i>	1
<i>var. desconocido</i>	4
<i>var. hostianum</i>	1
<i>var. villosum</i>	1
<i>var. leucospermum</i>	1
<i>var. meridionale</i>	1
<i>var. murinumcompactoides</i>	2

Se evidencia en la tabla anterior que las variedades botánicas destacadas fueron *Triticum aestivum* L. *var. aestivum*, *Triticum aestivum* L. *var. lutescens*, *Triticum aestivum* L. *var. ferrugineum*, demostrando buena estabilidad en los diferentes genotipos.

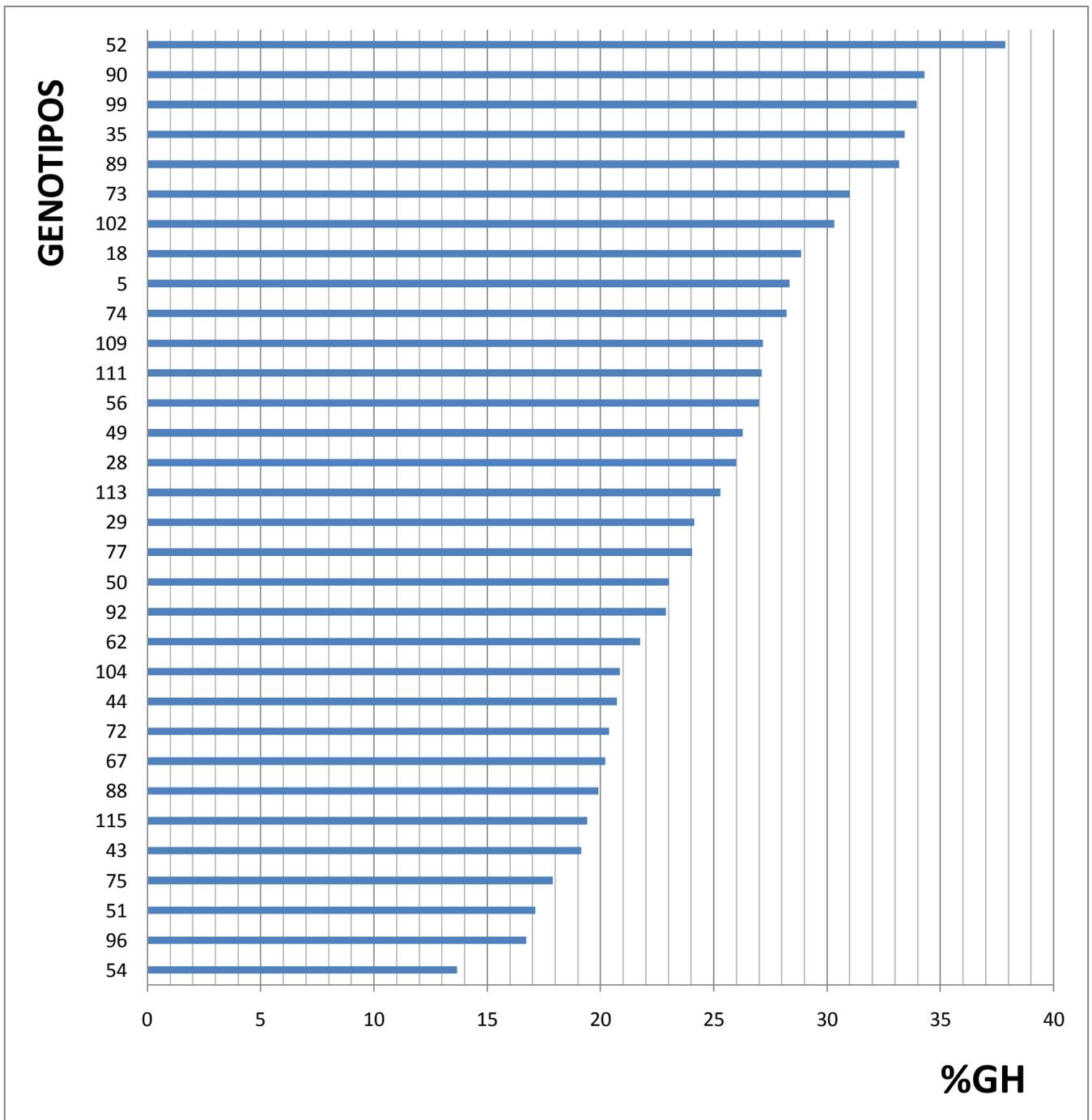


Figura 4. Porcentaje de gluten húmedo (%GH) para los genotipos de la variedad botánica *Triticum aestivum* L.var. *aestivum*

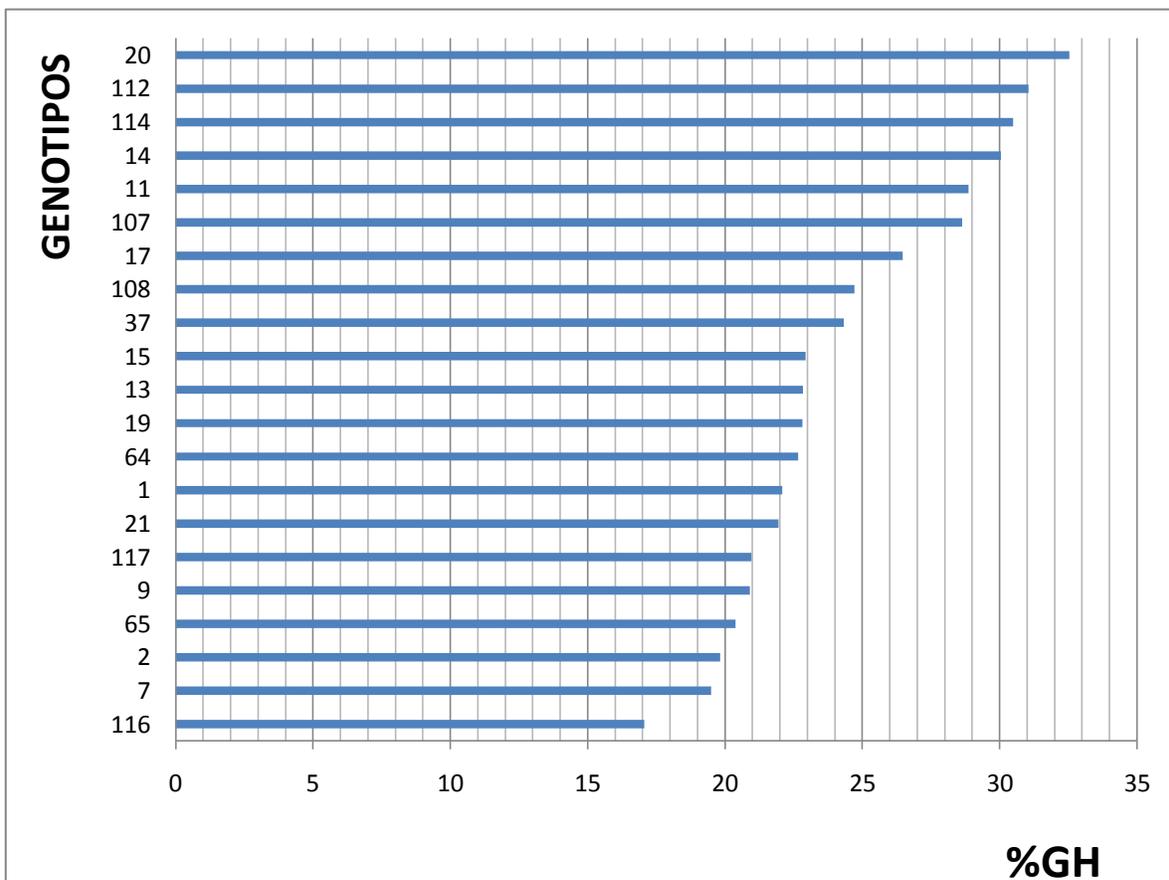
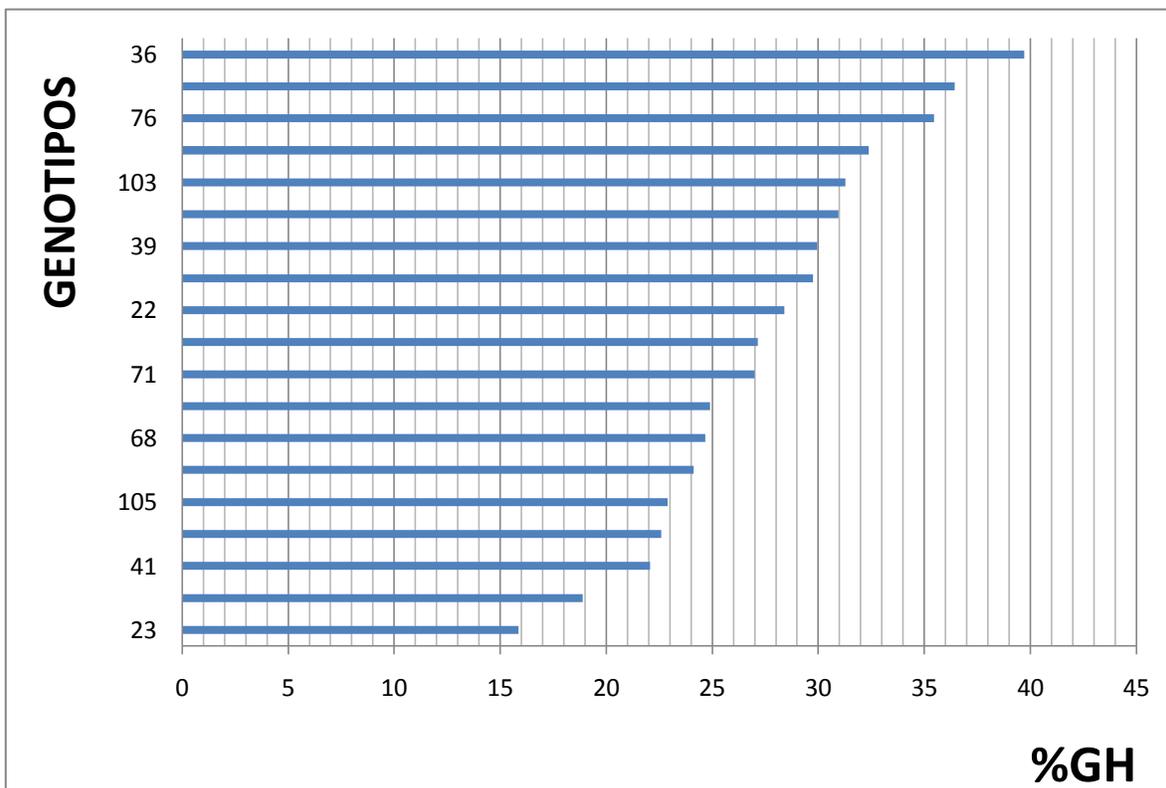


Figura 5. Porcentaje de gluten húmedo (%GH) para la variedad botánica *Triticum aestivum L.var. lutescens*



**Figura 6. Porcentaje de gluten húmedo (%GH) para la variedad botánica *Triticum aestivum* L.var. *ferrugineum***

El promedio de %GH para la variedad botánica *aestivum* es de 25%, inferior al valor promedio de la totalidad de los genotipos (25,7%), al igual que la variedad *Lutescens*, el promedio de %GH es de 24,33%, inferior al promedio general (25,7). En el caso de la variedad botánica *ferrugineum*, el %GH promedio es de 27,6%, el cual, supera la media general de 25,7%; con esto se puede decir que la variedad *ferrugineum* obtuvo valores de GH más elevados.

Del mismo modo, el análisis de los valores de GS considerando el test LSD permitió diferenciar estadísticamente a grupos de genotipos con valores bajos y valores altos (Tabla 6)

**Tabla 6. Contenido de gluten seco (%) en una colección de trigos de origen internacional.**

<b>Genotipo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	8,37 ef	7,46 fg	9,57 de	8,17 ef	10,47 de	11,75 cd
<b>Genotipo</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
	7,54 fg	8,60 ef	7,78 fg	6,98 fg	10,27 de	10,73 de
<b>Genotipo</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
	8,09 fg	10,83 cd	8,52 ef	10,01 de	9,76 de	10,52 de
<b>Genotipo</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
	8,72 ef	12,06 c	8,50 ef	10,23 de	5,49 h	8,75 ef
<b>Genotipo</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
	9,29 ef	13,69b	9 ef	9,39 e	8,84 ef	5,6 gh
<b>Genotipo</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
	9,39 e	11,82 cd	9,97 de	8,36 ef	11,78 cd	14,25 ab
<b>Genotipo</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
	8,97 ef	10,43 de	11,56 cd	8,55 ef	7,93 fg	6,54 gh
<b>Genotipo</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
	7,1 fg	7,68 fg	12,02 cd	10,21 de	9,78 de	8,42 ef
<b>Genotipo</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>
	5,84 gh	13,05 bc	7,67 fg	6,80 g	7,22 fg	9,00 ef
<b>Genotipo</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>64</b>
	6,17 gh	9,19 ef	9,69 de	8,1 f	8,21 ef	8,09 fg
<b>Genotipo</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>70</b>
	7,68 fg	11,6 cd	7,60 fg	8,93 ef	8,81 ef	11,1 cd
<b>Genotipo</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>76</b>
	9,92 de	7,55 fg	11,27 cd	10,58 de	6,64 gh	12,45 bc
<b>Genotipo</b>	<b>77</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>93</b>
	8,59 ef	7,67 fg	13,15 bc	12,76 bc	8,28 ef	9,61 de

<b>Genotipo</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>
	10,46 de	10,92 cd	6,02 gh	12,46 bc	15,04 a	12,00 cd
<b>Genotipo</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>	<b>105</b>	<b>106</b>
	10,75 d	11,37 cd	11,63 cd	7,59 fg	8,56 ef	9,90 de
<b>Genotipo</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>110</b>	<b>111</b>	<b>112</b>
	11,03 cd	9,24 ef	9,75 de	10,09 de	10,83 cd	11,37 cd
<b>Genotipo</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>115</b>	<b>116</b>	<b>117</b>	
	9,31 ef	10,65 de	6,85 fg	6,60 gh	8,09 fg	

Medias seguidas por distintas letras indican diferencias significativas LSD,  $P < 0,05$

El genotipo de mayor valor fue el 98 *Triticum aestivum L. var murinumcompactoides* de Chipre (15,04%), seguido por el 36 *Triticum aestivum L. var ferrugineum* de Canadá (14,25%) que a su vez no difirieron de varios otros. En tanto los valores más bajos correspondieron al genotipo 23 *Triticum aestivum L. var ferrugineum* de Francia (5,49%), 30 *Triticum aestivum L. var pyrothrix* de China (5,6%), 51 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Italia (5,84%), 96 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Chipre (6,2%), 59 *Triticum aestivum L. var leucospermum* de Chile (6,17%) , 42 *Triticum aestivum L. var aureum* de Italia (6,54%), 116 *Triticum aestivum L. var lutescens* de EEUU (6,6%) y el 75 *Triticum aestivum L. var aestivum* de Suecia (6,64%) que a su vez no difirieron de varios otros.

**Falling Number ó Índice de Caída:**

Con respecto al FN, el análisis de varianza también mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados.

**Tabla 7. Análisis de varianza del FN en una colección de trigos de origen internacional.**

Fuente de variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F prob.
<b>Repetición</b>	1	352	352	
<b>Genotipo</b>	101	820728	8126	<0,001
<b>Error</b>	101	126259	1250	
<b>Total</b>	203	947339		

El análisis de los valores de FN considerando el test LSD al nivel  $P < 0,05$  permitió diferenciar genotipos.

**Tabla 8. Falling Number en una colección de trigos de origen internacional.**

<b>Genotipo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	494 ab	470 b	447 bc	462 bc	368 cd	453 bc
<b>Genotipo</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
	402 bc	450 bc	304 de	460 bc	334 cd	453 bc
<b>Genotipo</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
	335 cd	333 cd	403 bc	304 de	290 de	299 de
<b>Genotipo</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
	332 cd	378 cd	424 bc	375 cd	228 e	395 c

<b>Genotipo</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
	318 de	278 de	414 bc	316 de	370 cd	434 bc
<b>Genotipo</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
	295 de	454 bc	344 cd	349 cd	312 de	434 bc
<b>Genotipo</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>42</b>
	207 e	380 cd	510 ab	360 cd	328 cd	356 cd
<b>Genotipo</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>50</b>
	350 cd	336 cd	417 bc	313 de	307 de	354 cd
<b>Genotipo</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>56</b>
	258 de	360 cd	273 de	364 cd	322 de	371 cd
<b>Genotipo</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>62</b>	<b>63</b>
	311 de	378 cd	295 de	413 bc	345 cd	409 bc
<b>Genotipo</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>
	417 bc	317 de	252 de	332 cd	383 cd	358 cd
<b>Genotipo</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>74</b>	<b>75</b>
	408 bc	319 de	353 cd	543 a	355 cd	344 cd
<b>Genotipo</b>	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>92</b>
	288 de	359 cd	330 cd	298 de	353 cd	343 cd
<b>Genotipo</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>
	450 bc	352 cd	326 cd	301 de	322 de	493 ab
<b>Genotipo</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>103</b>	<b>104</b>	<b>105</b>
	258 de	293 de	299 de	320 de	317 de	353 cd
<b>Genotipo</b>	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>110</b>	<b>111</b>
	316 de	265 de	304 de	303 de	329 cd	416 bc
<b>Genotipo</b>	<b>112</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>115</b>	<b>116</b>	<b>117</b>
	322 d	352 cd	401 bc	262 de	387 cd	388 cd

Medias seguidas por distintas letras indican diferencias significativas LSD,  $P < 0,05$

El valor medio de FN fue 356. El valor de FN más alto, lo obtuvo el genotipo 73 *Triticum aestivum* L. var. *aestivum* (Bulgaria) con un valor de 543 seguido del genotipo 39 *Triticum aestivum* var. *ferrugineum* (Portugal) con un valor de 510, el genotipo 1 *Triticum aestivum* var. *lutescens* (EEUU) con un FN igual a 494 y el genotipo 98 *Triticum aestivum* var. *murinumcompactoides* con un valor de 493 que a su vez no difirieron de varios otros. El valor más bajo, lo obtuvo el genotipo 37 *Triticum aestivum* var. *lutescens* (China) con un FN igual de 207.

## DISCUSIÓN

A partir del relevamiento del trigo producido en una amplia zona de la provincia de Buenos Aires (Región Centro Sur), realizado por agentes de extensión del INTA y MAIBA durante 15 años (2000/2001- 2014/2015) (Molfese, 2016), se puede analizar por campaña, como varió el %GH como también el índice de caída, y a partir de ello, se realizó una comparación con los datos obtenidos en este trabajo.

En el análisis Caracterización de la calidad del Trigo Pan en el Centro Sur Bonaerense (Molfese, 2016), se observó un crecimiento gradual del %GH desde la campaña 2001-2002 hasta la cosecha 2009-2010 donde se produce un punto de inflexión; al comienzo se obtuvieron %GH alrededor de 22%, llegando al año 2009-2010 con un %GH de 32,2%, ocurriendo una baja en la campaña siguiente (25,7%GH en la campaña 2010-2011). En la última campaña del relevamiento mencionado, 2014-2015, se obtuvo un 22,2% de GH medio destacándose como una de las campañas con menor %GH medio, junto con la campaña 2002-2003. Esta disminución del % GH evidenciada a partir de la campaña 2010-2011, se debe a una correlación negativa entre el contenido de gluten y el rendimiento en grano, ya que en los últimos años superó los 30 qq/ha y también por la falta de tecnología aplicada a la producción. En años donde las condiciones climáticas son favorables los cultivares pueden expresar su potencial de rendimiento, produciendo por lo general una caída en los aspectos de calidad comercial e industrial, si el cultivo no es acompañado con un paquete tecnológico adecuado (Molfese, 2016).

Los genotipos evaluados en este trabajo obtuvieron un valor medio de GH 25,73%, asemejándose a la campaña 2010-2011 (25,7%), superando los valores de la campaña (2014-2015) como también al promedio del total de las campañas, el cual fue de 25,5% GH. Cabe destacar, que algunos genotipos de este trabajo son de utilidad para realizar cruzamientos con genotipos adaptados a nuestras condiciones, para mejorar el contenido de gluten en nuevos cultivares. Hubo tres variedades botánicas que sobresalieron

ampliamente del resto en cuanto a %GH: *Triticum aestivum* L. var. *aestivum*, *Triticum aestivum* L. var. *lutescens* y *Triticum aestivum* L. var. *ferrugineum*. Además, se deben mencionar tres variedades botánicas que poseen un %GH >30% y son: murinumcompactoides, milturum y meridionale, las cuales, también pueden ser utilizadas para realizar cruzamientos y mejorar cultivares con respecto al %GH.

Con respecto al FN los valores promedio de cada campaña, muestran que no hubo problema con grano brotado. Esto se debe a que en la región relevada no son habituales las condiciones de lluvias y alta humedad ambiente durante el período de cosecha, condiciones necesarias para que ello ocurra (Molfese, 2016). El promedio del total de campañas (2000-2015), fue de 407 FN. Lo mismo ocurrió con los genotipos evaluados en este trabajo, los cuales poseen altos valores de FN. El valor de FN medio fue de 356,6. En la Tabla 9 se determina cómo es la calidad panadera de la harina en base al FN. Todos los genotipos estudiados superan el valor de 150 segundos, valor por debajo del cual, las harinas poseen un exceso de actividad alfa amilasa y, por consiguiente, procedente de trigos germinados o de cosechas en épocas lluviosas.

Se sabe que las harinas con valores de FN entre 200 y 400 son aptas para panificación. La mayoría de los genotipos estudiados, se encuentran dentro de estos valores. Específicamente, los genotipos que se encuentran en rangos de óptimo comportamiento para panificación son 76 y en su mayoría pertenecen a las siguientes variedades botánicas *Triticum aestivum* L. *aestivum*, *Triticum aestivum* L. *lutescens*, *Triticum aestivum* L. *ferrugineum* y *Triticum aestivum* L. *milturum*. En el caso de tener un FN aún mayor que 400, como el genotipo número 73 *Triticum aestivum* L. *aestivum* (Bulgaria), la actividad de la alfa amilasa sería muy baja, sin embargo, se obtendría un pan de poco volumen, con miga dura, seca y compacta. Además de influencia genotípica, hay influencia ambiental ya que los genotipos tuvieron diferencias en la fecha de madurez fisiológica.

**Tabla 9. Calidad panadera de las harinas según el valor de FN (Vadillo Verdugo, 1989).**

Calidad de las harinas	N° Falling Number
Harinas con un exceso de actividad alfa amilasa y, por consiguiente, procedente de trigos germinados o de cosechas en épocas lluviosas	De 90 a 150
Harinas con un óptimo comportamiento para panificación	De 220 a 280

Harinas con buen comportamiento para panificación	De 280 a 350
Harinas que darían panes con disminución de volumen	De 400 a 650

La industria molinera y panadera requiere trigo de calidad para la elaboración de sus productos. Es importante destacar que muchos de los aspectos que determinan la calidad industrial y panadera del trigo se generan durante el ciclo del cultivo, y consecuentemente dependen del ambiente, del genotipo de trigo y la interacción genotipo-ambiente. La elección del cultivar, la época de siembra, el sistema de labranza, la fertilización, la protección sanitaria, y otras prácticas que alteren directa o indirectamente la disponibilidad de nutrientes, de agua y de radiación para el cultivo, constituyen factores que influyen notablemente en la calidad de los granos para su comercialización y procesamiento (Schalamuk *et al.*, 2010).

Finalmente es importante destacar la relevancia de los resultados de este trabajo para incorporar materiales valiosos (en contenido de gluten y valores de FN óptimos) en programas de mejoramiento genético.

## CONCLUSIONES

Se concluye luego de la interpretación de los resultados que la hipótesis no se rechaza. Las diferencias en contenido de gluten y FN fueron estadísticamente significativas en los genotipos evaluados. La media en contenido de GH supera el valor promedio para la República Argentina, demostrando la relevancia de esta investigación, dado que para lograr acceder o permanecer en nichos de mercado altamente competitivos, se necesita contar con materiales de elevada calidad genética para esta variable. En cuanto al FN, el valor medio hallado indica que los genotipos no presentaron problema de brotado de grano. Finalmente, es posible encontrar en esta colección, genotipos sobresalientes que contribuirán al mejoramiento genético de la especie, cumpliendo con el objetivo general planteado.

## REFERENCIAS

Azcón-Bieto, J., Talón, M. (2000). Fundamentos de Fisiología vegetal, Editorial Mc Graw Hill, Interamericana, 553-555.

<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>. Último acceso Septiembre 2019.

Bolsa de Cereales. (2019). Países productores de trigo. <http://www.bolsadecereales.com/mostrar-argentina-avanzo-dos-posiciones-en-el-ranking-mundial-de-paises-productores-de-trigo-13678>. Último acceso Septiembre 2019.

Schalamuk, S., Simón, M.R., Acciaresi, H.A. (2010). Material didáctico de Cerealicultura, FCAy F, UNLP. “Generación en la calidad del cultivo de trigo”. Disponible en: [file:///C:/Users/GUSTAVO/Downloads/Guia calidad%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GUSTAVO/Downloads/Guia%20calidad%20(1).pdf)

Chamberlain Collins, T., McDermott, E. (1981). Alpha-amylase and bread properties. International Journal of Food Science and Technology .Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1981.tb01004.x>. Último acceso Septiembre 2019.

Chidichimo, H., Sempé, M. E., Aulicino, M.B., Almaraz, L. B. (2006). Informe sobre calidad comercial e industrial de Trigo. Campañas 94/95- 2004/2006. 6-7. [https://www.magyp.gob.ar/new/00/programas/dma/calidad\\_trigo/publicaciones/informe\\_final\\_unlp.pdf](https://www.magyp.gob.ar/new/00/programas/dma/calidad_trigo/publicaciones/informe_final_unlp.pdf)

Corina, S., Di Yenno, F., Terré, E. (2019). 2019/20 con potencial récord en producción y exportación de trigo.

<https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/201920-con>. Último acceso Septiembre 2019

Cuniberti, M. (2001). Relación gluten/proteína en trigo. Pp.1 [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-03relacion\\_gh-prot\\_en\\_trigo-cuniberti\\_mir.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-03relacion_gh-prot_en_trigo-cuniberti_mir.pdf). Último acceso Noviembre 2019

FAO. (2017). Área cosechada (ha) y producción (t) mundial de trigo para el período 2008-2017 <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Último acceso Julio 2019

Finkelstein R. R. (2010). The role of hormones during seed development and germination. Plant Hormones. 549-573. Ed. P. Davies. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-2686-7\\_24](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-2686-7_24)

Flores Galarce, C.C. (2016). Evaluación de la tolerancia a la germinación precoz en variedades de trigo panadero (*Triticum aestivum* L) cultivados en Chile. Trabajo final de carrera. Facultad de Cs. Agrarias. Universidad Austral de Chile.

Garcia Jimenez, A. (2016). La importancia de consumir trigo. Disponible en: <https://www.milenio.com/ciencia-y-salud/la-importancia-de-consumir-trigo> Último acceso Noviembre 2019

GenStat for Windows, 12 Th Edition. Copyright (2009). VSN International Ltd.

IRAM 15864-1. Trigo y harina de trigo. Determinación de gluten húmedo, de gluten seco y de índice de gluten. Método de lavado automático. Parte 1 lavado con agua para análisis.

IRAM 15862. Determinación de Falling Number. Método de Harberg - Perten - AACC N° 56-81.

IRAM 15862. Determinación del contenido de humedad para trigo y subproductos.

Jobet, C. (2005). Trigo–Pan: Calidad, fundamental en la cadena. INIA, Carillanca Revista Tattersall, N°192. Marzo–Abril. pp.10-11.

Manzoni, C. (2018). La harina se impone ante cualquier dieta. Diario La Nación <https://www.lanacion.com.ar/economia/la-harina-se-impone-ante-cualquier-dieta-nid2102236> Último acceso Noviembre 2019

Ministerio de Agroindustria. (2019). Estimaciones agrícolas <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones> Último acceso Septiembre 2019

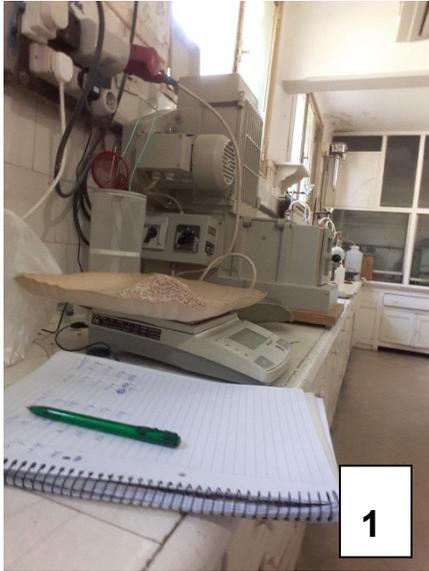
Molfese, E. (2016). Caracterización de la calidad del trigo pan en el centro sur bonaerense. Ed INTA, 77-79.

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_calidad\\_trigo\\_pan\\_15\\_mar2017.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_calidad_trigo_pan_15_mar2017.pdf)

Simpson, G.M. (1990). Seed dormancy in grasses. Cambridge University Press, New York. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511721816>

Vadillo Verdugo, J. (1989). La calidad en los trigos. Hojas divulgadoras N°2/89, 19.

## **ANEXO DE FOTOS FN:**





ANEXO DE FOTOS %GH Y %GS (CORTESÍA DE WALDO BERRUETA)





## APÉNDICE DE FOTOS

1,2 y 3: Molienda de Muestras de trigo

4: Estufa a 130°C

5: Muestras reposando en desecador de vidrio, luego de ser sometidas a la estufa

6: Muestras de harina listas para ser sometidas al FN

7: Falling Number

8: Gelatinización de la muestra de harina

9: De izquierda a derecha, Glutomatic 2200, Centrífuga, Glutork.

- 10:** Gluten por duplicado en la centrífuga.
- 11:** Gluten por duplicado luego del centrifugado.
- 12:** Pesaje de gluten húmedo.
- 13:** GH en Glutork.
- 14:** GS en Glutork.
- 15:** Pesaje de gluten seco.
- 16:** Muestras de gluten seco.