



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

Relación entre el rendimiento y proteína en cultivares de trigo (*Triticum Aestivum* L.) ubicados en distintas localidades de la provincia de Buenos Aires.

Trabajo final de graduación para optar por el título de:

Ingeniero Agrónomo

Autor: Tomás Stempels.

Tutor: Daniela Becheran

Contenido	
1.RESUMEN.....	4
2.PALABRAS CLAVES.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	5
3.1 Características de la producción de trigo a nivel mundial y en Argentina ...	5
3.2. Generación del rendimiento y la calidad del cultivo de trigo	¡Error!
Marcador no definido.	
3.3. Calidad comercial e industrial del cultivo de trigo en Argentina	6
4. HIPOTESIS	7
5. OBJETIVOS	8
Objetivo general:	8
Objetivos específicos:	8
6. MATERIALES Y METODOS.....	8
7. RESULTADOS	10
8. DISCUSIÓN.....	25
9. CONCLUSIÓN.....	27
10. BIBLIOGRAFIA.....	28

1. RESUMEN

El Trigo (*Triticum aestivum* L.) es el principal cultivo de cereales a nivel mundial, por volumen de producción y expansión geográfica. Su importancia como especie cultivable radica en el contenido total de proteína en grano que lo hace apto para ser panificado. Sin embargo, el rendimiento y la concentración de proteína del grano poseen una relación negativa en un gran rango de ambientes.

El objetivo general de este Trabajo Final de Graduación es cuantificar la relación entre el rendimiento y el porcentaje de proteína en cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ubicados en distintos sitios de producción. Se recopiló información de rendimiento y porcentaje de proteína para el cultivo de trigo pan de la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo (RET) que coordina el INASE.

Los resultados del análisis permitieron determinar que hay una interacción entre el ambiente y los genotipos, y a su vez una respuesta diferencial entre estos. La mayoría de los genotipos de trigo manifestaron una respuesta distinta ante cambios en el ambiente, siendo algunos más estables y otros muy variables. En base a este análisis, se puede determinar que genotipo se adapta mejor en función del objetivo del productor (rendimiento o proteína) a cada localidad de interés.

2. PALABRAS CLAVES: *Trigo, proteína, rendimiento, genotipo, ambiente.*

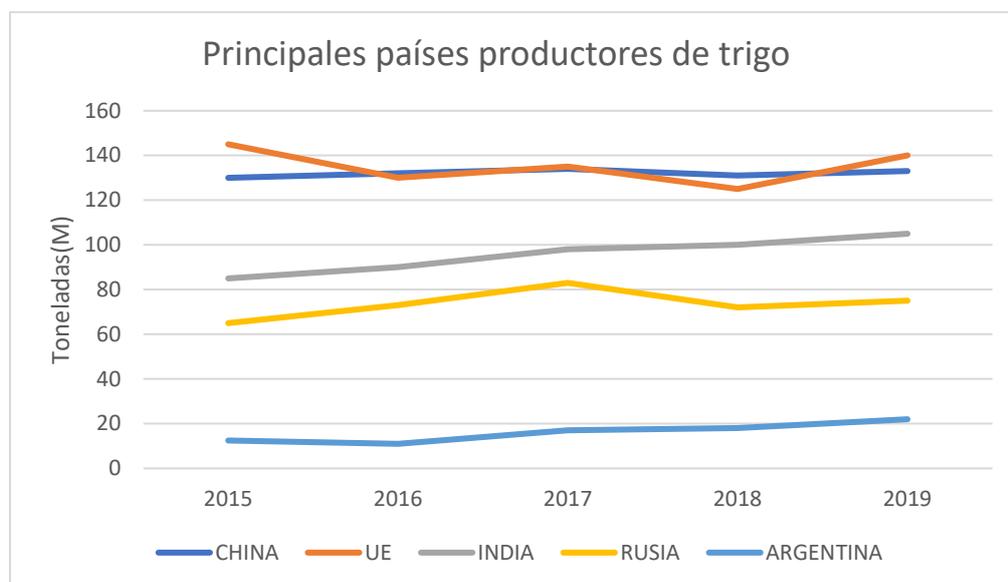
3. INTRODUCCIÓN

3.1 Características de la producción de trigo a nivel mundial y en Argentina

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal más producido mundialmente, junto al maíz y el arroz. En los últimos 20 años ha formado parte en un 26.6% de la producción mundial de los cereales ocupando un 31% del total del área sembrada (FAOSTAT, 2021). Tiene una destacada incidencia en los sectores de producción de semillas y en el sector agroalimentario, y existe una demanda creciente hacia la obtención de nuevos cultivares con alto rendimiento, mejor calidad industrial y resistencia o tolerancia a condiciones ambientales adversas.

Es uno de los cultivos que constituye una de las principales fuentes de carbohidratos y proteínas de la dieta humana aportando nutricionalmente un 20 % de las proteínas y un 19 % de los carbohidratos consumidos (Shiferaw et al., 2013). Se produce en todos los continentes dado que es el principal ingrediente en las recetas de muchos países y materia prima en las industrias alimenticias, destacándose entre los principales productores la Unión Europea, China, India y Rusia (FAOSTAT, 2021).

Figura 1. Principales países productores de trigo a nivel mundial en millones de toneladas (FAOSTAT, 2021).



A nivel nacional, el trigo es uno de los cereales de invierno de mayor producción. En la campaña 2020/2021 ha alcanzado una producción de 17.1 millones de toneladas con una superficie sembrada de 6,6 millones de hectáreas y rendimientos de aproximadamente 4.421 kg ha⁻¹ (www.trigoargentino.com.ar).

El trigo cosechado en la Argentina abastece, en primer término, la demanda de la industria molinera mientras que los excedentes se destinan al mercado externo. El principal país que importa gran parte del trigo producido en Argentina es Brasil siendo aproximadamente del 40% del exportado.

Por otro lado, el mercado interno consume más del 85% de la producción de la harina de trigo, destinándose el excedente a la exportación. La industria de la panificación absorbe casi el 70% de la harina destinada al mercado interno y abarca tanto la panificación artesanal como la industrial, siendo la primera la más significativa. El 30% restante se distribuye entre la industria de pastas frescas y secas, la de galletitas y bizcochos y como harina fraccionada para el consumidor final (FAIM., 2021).

3.2. Relación entre el rendimiento y porcentaje de proteína en los granos de trigo.

A nivel productivo, el rendimiento y la calidad de los granos poseen una relación negativa en un gran rango de ambientes (Fischer et al., 1993; Triboi y Triboi-Blondel, 2002). Una de las causas que explica la tendencia negativa entre rendimiento y calidad es que los genotipos de alto rendimiento tienden a poseer menor aptitud panadera que genotipos calificados como de alta calidad de grano, a igual condición ambiente (Simmonds et al., 1995; Oury y Godin, 2007; Rozbicki et al., 2015). Por consiguiente, el ambiente es un factor que condiciona el balance entre rendimiento y calidad.

3.3. Calidad comercial e industrial del cultivo de trigo en Argentina

El rendimiento en granos es uno de los objetivos principales, pero la calidad ha tomado un rol importante ya que de ésta depende la competencia en el mercado internacional que se adapta a las exigencias de las distintas industrias. Por ello, en Argentina, se han tomado medidas de clasificación de los cultivares de acuerdo con su performance en cuanto a la calidad. El Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semilla- INASE, realizó una categorización en tres grupos de calidad diferentes según los resultados que arrojen las pruebas físicas de laboratorio para obtener un producto más homogéneo. Los trigos de grupo 1, son los conocidos como trigos correctores, usados frecuentemente en la panificación industrial. Los trigos de grupo 2, por otra parte, son los usados para la panificación tradicional, y son aquellos que toleran más de 8 horas de fermentación. Los trigos de grupo 3, por último, son los conocidos como trigos para Método de Panificación directa, que no toleran más de 8 horas de fermentación.

La clasificación de los trigos es imprescindible para poder satisfacer la demanda de la industria y de la exportación, y además proveer de un producto con idénticas características en forma consistente y homogénea en el tiempo, y de una calidad elevada.

Actualmente, la calidad de trigo ha tomado relevancia, ya que tanto la industria como los exportadores exigen un producto de buena calidad. Para los molineros y panaderos la consistencia en la calidad del grano es importante, ya que evita cambios en los procesos industriales. Para los exportadores, conocer y mantener la calidad les permitiría lograr mejores precios y más mercados. Los factores que tienen mayor influencia en la variación de la calidad comercial e industrial (molinera y panadera) de trigo son, por un lado, la disponibilidad de nitrógeno y el nivel de rendimiento, y por otro lado las temperaturas y precipitaciones durante el llenado del grano.

4. HIPÓTESIS

- i) Los genotipos que establecen un alto rendimiento en un determinado sitio no responderá de manera similar en un sitio distinto.
- ii) Todos los genotipos responden proporcionalmente a las mejoras en el ambiente.

iii) Los genotipos que establecen alta proteína siempre establecerán un menor rendimiento.

5. OBJETIVOS

Objetivo general:

Cuantificar la relación entre el rendimiento y el porcentaje de proteína en cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ubicados en distintos sitios de producción.

Objetivos específicos:

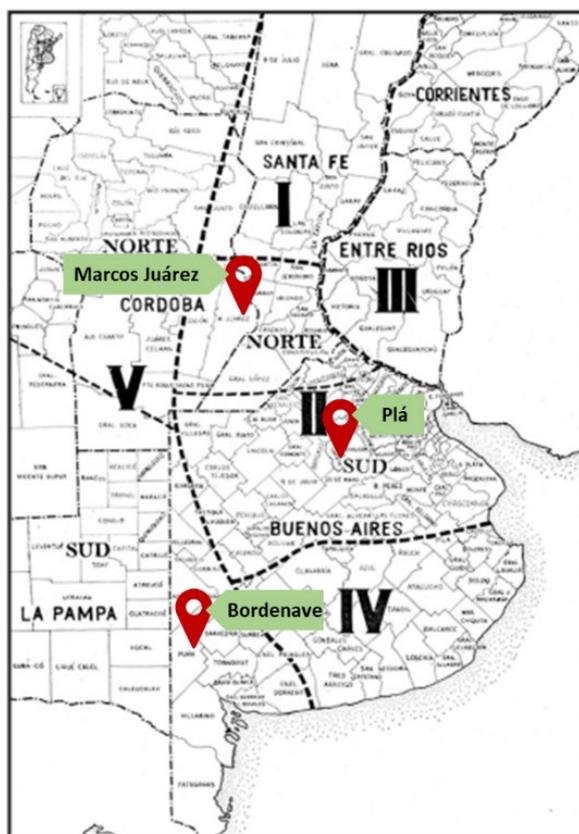
- i) Analizar la interacción genotipo por ambiente para rendimiento en cultivares de trigo.
- ii) Analizar la interacción genotipo por ambiente para el porcentaje de calidad en cultivares de trigo.
- iii) Analizar la relación entre el rendimiento y el porcentaje de calidad en cultivares de trigo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Recopilación de datos de las bases públicas oficiales:

Se recopiló información de rendimiento y porcentaje de proteína para el cultivo de trigo pan de la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo (RET) que coordina el INASE. La RET cuenta con datos de rendimiento y calidad comercial para diferentes ambientes y años para un gran número de localidades de Argentina. Se utilizó las bases de datos de la RET correspondientes a las campañas 2014/15, 2015/16 y 2016/17 para los sitios Marcos Juárez (subregión II Norte), Plá (subregión II Sur) y Bordenave (subregión IV Norte) (Figura 2), conformada con información completa para las variables en estudio.

Figura 2. Mapa previo de la Región triguera Argentina, elaborado por el Tribunal de Fiscalización de Semillas en 1952 (Adaptado).



6.2 Análisis de los datos

Para el análisis de los datos y gráficos se utilizó el programa InfoStat Profesional v.1.1 (Di Renzo et al., 2011), el cual permitió realizar la prueba de diferencias estadísticas entre los tratamientos mediante análisis de varianza (ANOVA) y test de comparación de medias (test de Tukey, $p \leq 0,05$) (Di Rienzo et al., 2011).

7. RESULTADOS

7.1. Análisis del rendimiento

Años y sitios

El rendimiento en granos del cultivo de trigo tuvo una respuesta diferente entre años y entre los sitios. Además, se observó que existe una interacción entre los sitios y años analizados ($p < 0,05$; Tabla 1).

A partir del análisis comparativo de los genotipos se observó que el rendimiento fue mayor en el año 2016. En dicho año, los mayores rendimientos lo presentaron las localidades de Marcos Juárez y Pla sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre sí.

En contraparte, el menor rendimiento se obtuvo en el año 2014 para Marcos Juárez comparados a los demás sitios y años.

Tabla 1. Rendimiento (Kg ha^{-1}) de trigo para las localidades de Bordenave, Marcos Juárez y Pla en las campañas 2014, 2015 y 2016.

Año	Sitio	Rendimiento
2014	Bordenave	4455,3 cd
	Marcos Juárez	3362,5 f
	Pla	4179,8 de
2015	Bordenave	4641,9 c
	Marcos Juárez	4332,8 cde
	Pla	3966,9 e
2016	Bordenave	4990,9 b
	Marcos Juárez	5353,5 ab
	Pla	5674,3 a
<i>Año</i>		$<0,0001$
<i>Sitio</i>		$0,0037$
<i>Año*Sitio</i>		$<0,0001$

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Largo de ciclo ontogénico

Se evaluó la respuesta del rendimiento del trigo en función del largo del ciclo y el sitio. Tanto en el largo del ciclo como en el sitio se observaron diferencias estadísticamente significativas, como así también, la interacción entre ambas variables ($p < 0,05$; Tabla 2).

El ciclo intermedio fue el que presentó los mayores rindes en todos los sitios, sin observarse diferencias entre estos.

En cambio, los genotipos de trigo de ciclo corto fueron los de menores rindes, y a su vez dentro de esta categoría, Plá es el que estableció el rendimiento más bajo.

Tabla 2. Rendimiento (Kg ha^{-1}) de trigo de distintos largos de ciclo ontogénico para las localidades de Bordenave, Marcos Juárez y Pla.

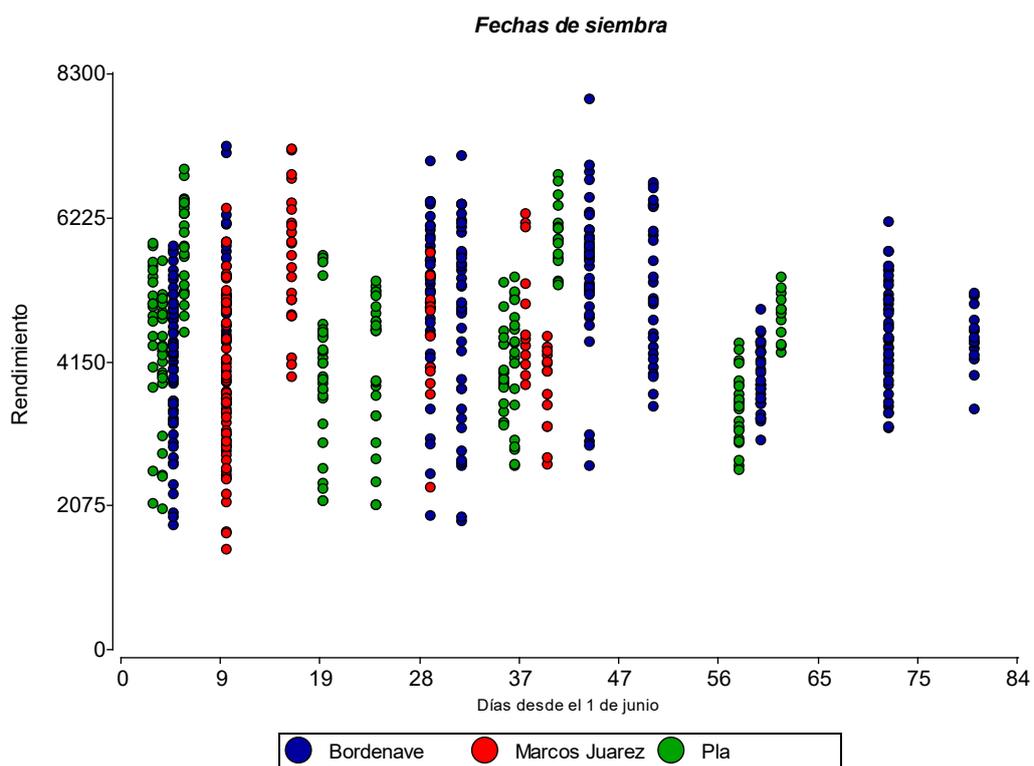
Largo de ciclo	Sitio	Rendimiento (Kg ha^{-1})
Largo	Bordenave	4666,7 bc
	Marcos Juárez	4115,7 d
	Pla	4709,8 bc
Intermedio	Bordenave	5036,2 a
	Marcos Juárez	4847,1 abc
	Pla	4999,3 ab
Corto	Bordenave	4510,7 c
	Marcos Juárez	4421,0 cd
	Pla	4191,8 d
<i>Largo de ciclo</i>		<i><0,0001</i>
<i>Sitio</i>		<i>0,0017</i>
<i>Largo de ciclo*Sitio</i>		<i>0,0152</i>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Fechas de siembra

El gráfico muestra el rendimiento en función del día que se realizó la siembra considerando como días consecutivos desde el primer día del mes de junio diferenciados por sitio (Figura 3). Se puede ver que tanto Bordenave como Plá exploraron un amplio rango de fechas de siembras, teniendo las fechas de siembra tempranas a principios de junio hasta fines de Julio para Plá y hasta mediados de agosto para Bordenave. En cambio, Marcos Juárez tuvo un rango más acotado de fechas de siembra que exploraron desde el 9 de junio hacia inicios del mes de julio.

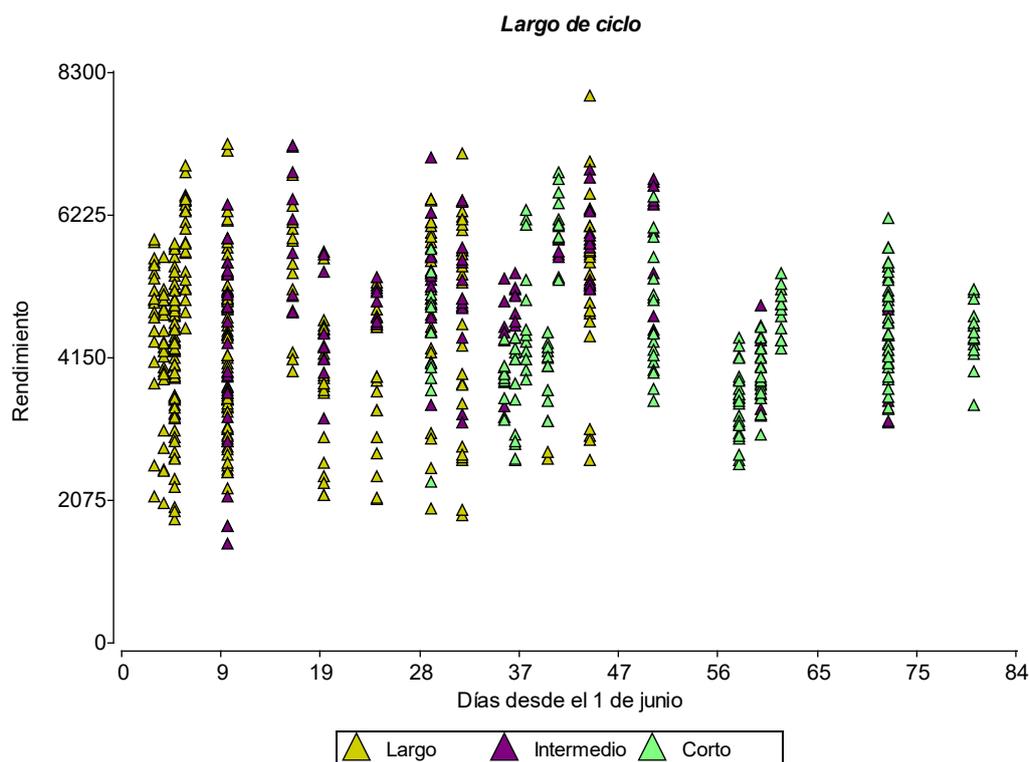
Figura 3. Rendimiento (Kg ha^{-1}) en función de la fecha de siembra contando desde el primer día de junio para Bordenave, Marcos Juárez y Plá.



En línea con el análisis anterior se identificó dentro del mismo gráfico los genotipos de diferentes largos de ciclo (largo, intermedio y cortos; Figura 4).

Se puede ver que las fechas más tempranas de siembra son los ciclos largos, los del medio los del ciclo intermedio, y en contraparte, las fechas más tardías los ciclos cortos.

Figura 4. Rendimiento (Kg ha^{-1}) de trigo de diferente largo de ciclo ontogénico en función de la fecha de siembra contando desde el primer día de junio.



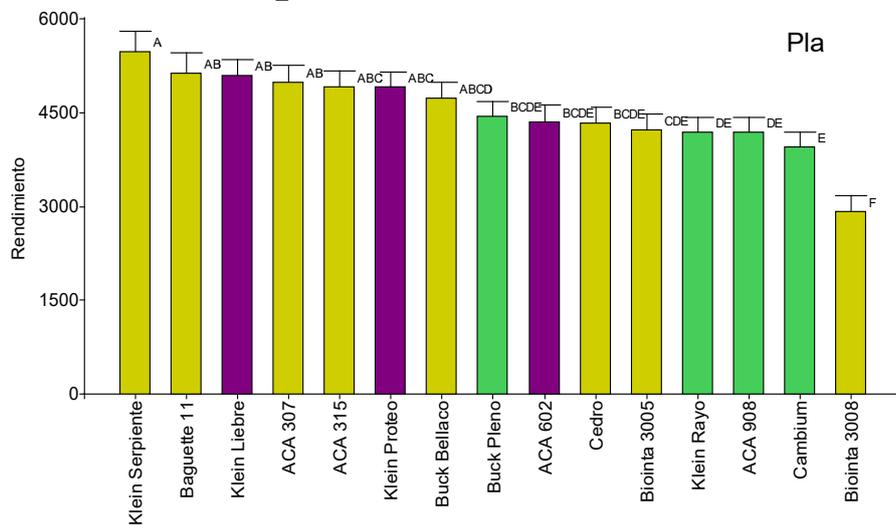
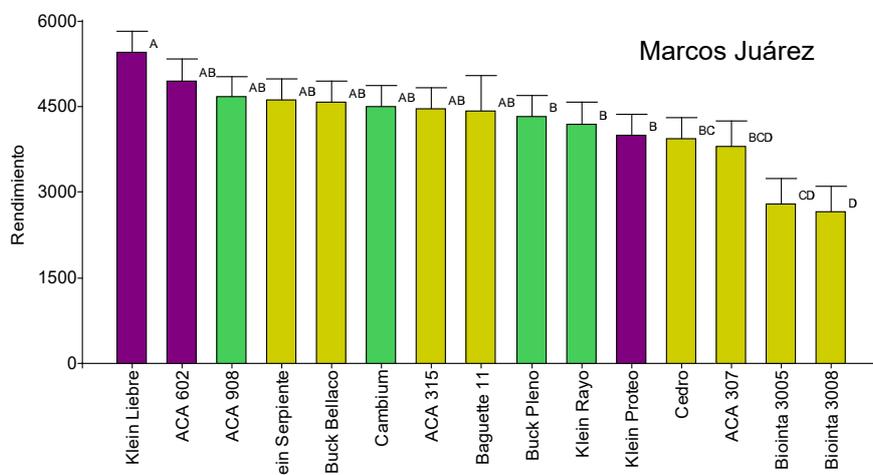
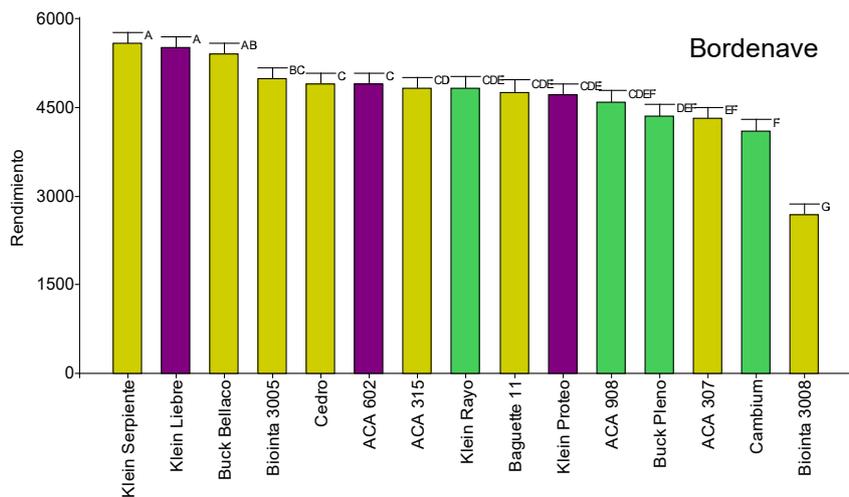
Genotipos

Realizando un análisis de los genotipos en cada localidad se observó que hay una variación en la respuesta del rendimiento en granos en función del ambiente. Hay casos extremos como Klein Serpiente que alcanza rendimientos altos en la localidad de Bordenave y de Pla, y Biointa 3008 que es el de menor rendimiento en todos los ambientes (Figura 5).

En el ranking de genotipos, tanto en la localidad de Marcos Juárez como en Pla hay varios genotipos que se encontraron entre los de mayor rendimiento. En cambio, en Bordenave, de todos los genotipos analizados solo tres mostraron altos rendimientos.

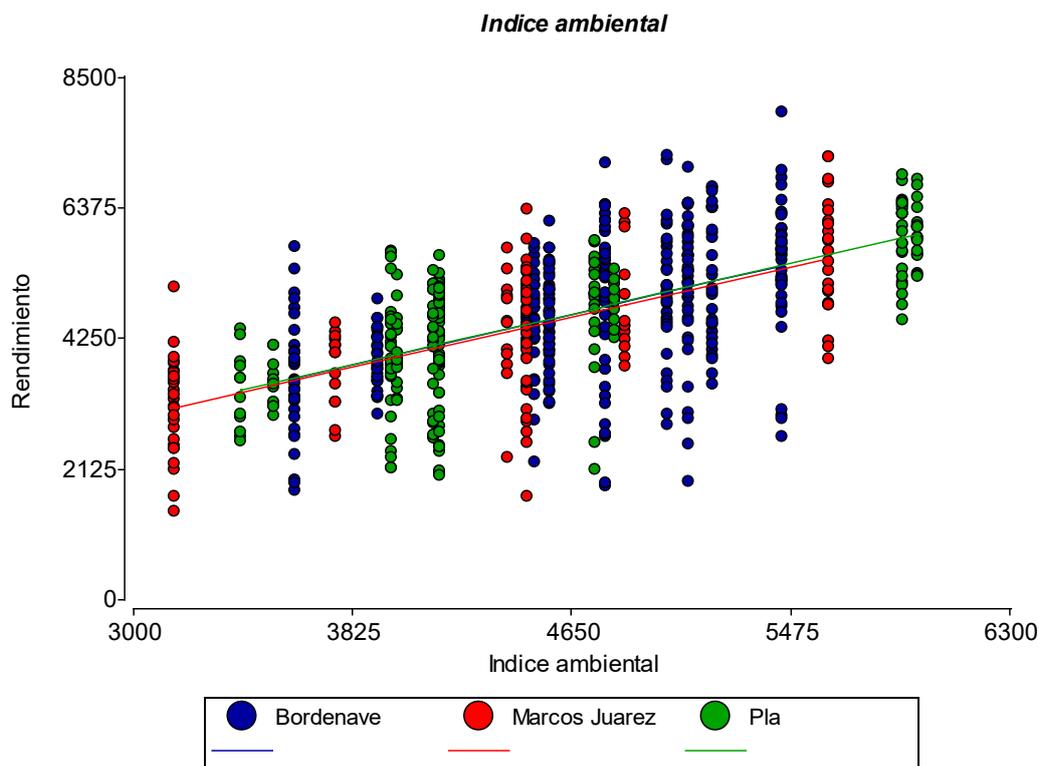
En cuanto a largo de ciclo, se ve una tendencia a que en los sitios más al sur los genotipos de ciclo intermedio a largos son los que establecen mayores rendimientos y más al norte los de ciclo corto. (Tabla 2; Figura 5).

Figura 5. Rendimiento (Kg ha^{-1}) de los genotipos en Bordenave, Marcos Juárez y Pla para los tres años analizados. Barras de color mostaza identifican genotipos de ciclos largo, bordo de ciclo intermedio y verde de ciclo cortos. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).



7.2 Análisis de la estabilidad en el rendimiento de los genotipos

Figura 6. Rendimiento (Kg ha^{-1}) de trigo en función del índice ambiental para Bordenave, Marcos Juárez y Pla.



El análisis de regresión del rendimiento en granos sobre el índice ambiental muestra un continuo reordenamiento de genotipos a lo largo del rango ambiental analizado (Figura 6). A medida que se va incrementando el índice ambiental, mejora el rendimiento ante mejoras en el ambiente.

Al ajustar un modelo lineal usando el análisis de regresión y segregando por sitio, se observa que hay una cierta variabilidad entre los genotipos, pareciera que algunos responden más a la mejora en el ambiente y otros que se mantienen estables.

Para poder identificar las respuestas al ambiente de cada uno de los genotipos se realizó un análisis de regresión lineal para cada uno involucrando los distintos años y sitios (Tabla 3). Se obtuvo el coeficiente b (pendiente de la función lineal)

donde se puede determinar la estabilidad de los genotipos. Valores iguales a 0 determinan que el rendimiento no cambia frente a cambios en la oferta ambiental. Asimismo, con valores de coeficiente b similares a 1 la respuesta del rendimiento es equivalente a la mejora en el ambiente. Este es el caso para los genotipos ACA 315, Cambium, Cedro y Klien Liebre.

Del mismo modo, se puede determinar la adaptabilidad que poseen los genotipos en función del valor del coeficiente b , siendo valores mayores a 1 los que se adaptan a ambientes de alto rendimiento. Tal es el caso de ACA 602, ACA 908, Klein Rayo, Klein Serpiente y en mayor medida Bointa 3005. En cambio, con valores por debajo de 1 son aquellos que se adaptan a ambientes de bajo rendimiento como ACA 307, Baguette 11, Bointa 3008, Buck Bellaco, Buck Pleno y Klein Proteo (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento (Kg ha^{-1}) de los genotipos de trigo y los datos de la línea de regresión ajustada para cada uno. Coeficiente b indica la estabilidad y R^2 el porcentaje de variación de la variable de respuesta.

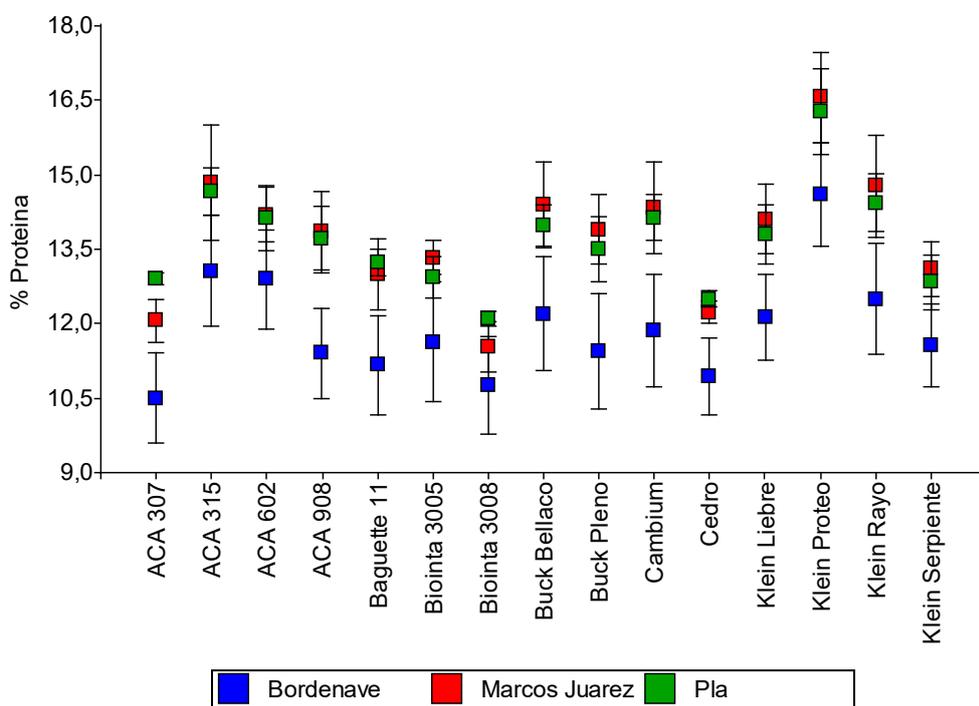
Genotipo	Rendimiento (Kg ha^{-1})	coeficiente	
		b	R^2
ACA 307	4512	0,6	0,26
ACA 315	4803	1,0	0,56
ACA 602	4860	1,2	0,50
ACA 908	4390	1,1	0,50
Baguette 11	4613	0,7	0,40
Biointa 3005	4490	1,7	0,60
Biointa 3008	2814	0,7	0,37
Buck Bellaco	5052	0,9	0,53
Buck Pleno	4327	0,6	0,36
Cambium	4068	1,0	0,54
Cedro	4554	1,0	0,49
Klein Liebre	5382	1,0	0,49
Klein Proteo	4655	0,9	0,48
Klein Rayo	4384	1,2	0,60
Klein Serpiente	5323	1,3	0,62

Otro parámetro que se obtiene a través del ajuste de la regresión lineal es el coeficiente de correlación (R^2 ; Tabla 3). Este coeficiente permite tener idea de la predictibilidad dada por el desvío de los datos con respecto a la función de regresión ajustada. Siendo los genotipos Biointa 3005, Klein Rayo y Klein Serpiente los de mayor R^2 , es decir que son más predecibles en su respuesta.

7.3 Análisis del contenido de proteína

Los valores de porcentaje de proteína variaron en función del sitio (Figura 7). En Bordenave se registró un menor porcentaje de proteína comparado a Plá y Marcos Juárez independientemente del cual sea el genotipo de trigo.

Figura 7. Porcentaje de proteína de distintos genotipos de trigo para las localidades de Bordenave, Marcos Juárez y Plá.

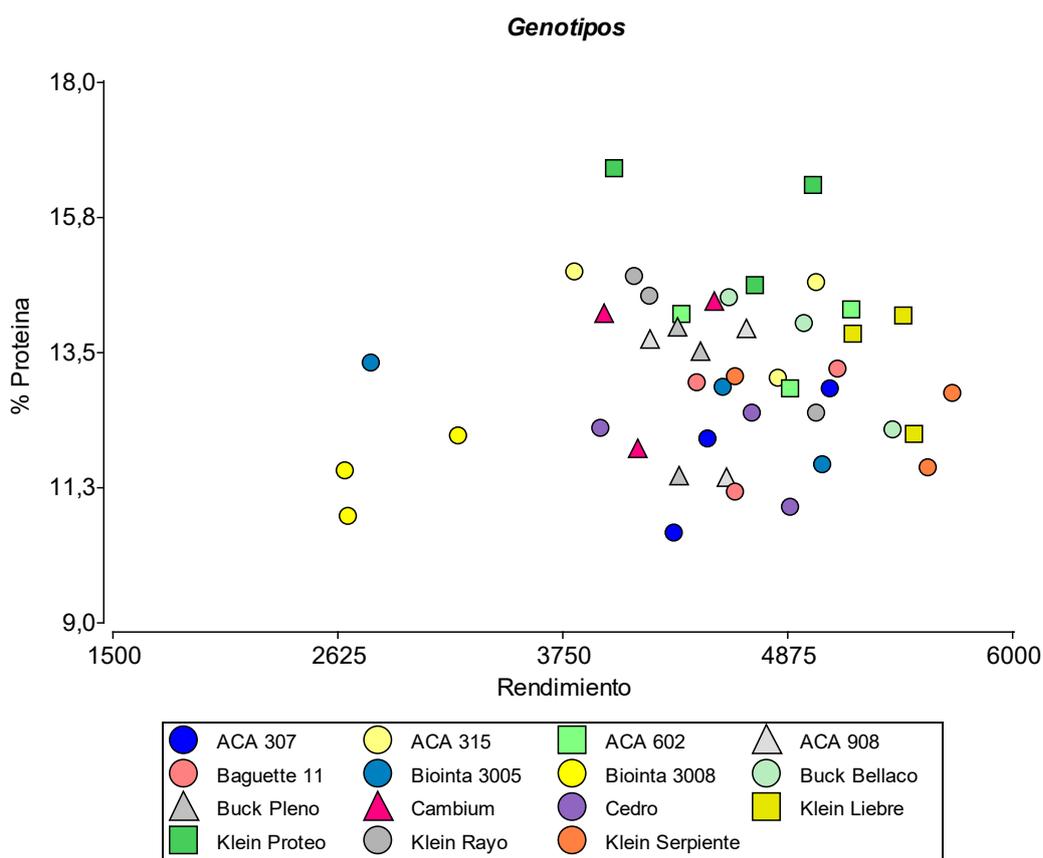


Dentro de los genotipos, se destaca por establecer un mayor porcentaje de proteína en todos los sitios Klein Proteo, seguido de ACA 315 y Klein Rayo. Por lo contrario, los que se caracterizan por menor porcentaje de proteína son Biointa 3008, ACA 307 y Cedro (Figura 7).

7.4 Relación entre el rendimiento y contenido de proteína

Se evaluó la relación que existe entre el porcentaje de proteína y el rendimiento en el set de datos analizado para observar cómo se comportan los genotipos. El rango explorado de porcentaje de proteínas va desde aproximadamente un 10% a un 16% con rendimientos que van desde 2625 kg ha⁻¹ hasta casi 6000 kg ha⁻¹ (Figura 8).

Figura 8. Relación entre el porcentaje de proteína y el rendimiento (Kg ha⁻¹) de los distintos genotipos de trigo. La forma de los símbolos indica distintos largos de ciclo ontogénico de los genotipos (círculos indican ciclos largos, cuadrados los ciclos intermedios y triángulos los ciclos cortos).



Los genotipos de ciclo largo exploran todo el rango de rendimientos, pero se mantienen en su mayoría con porcentajes de proteínas por debajo del promedio.

En cambio, los genotipos de ciclo intermedios se ubican en el cuadrante derecho arriba estableciendo altos rendimientos con altos porcentajes de proteínas. En el caso de los genotipos de ciclo corto en promedio se mantuvieron centrados tanto en proteína como rendimiento.

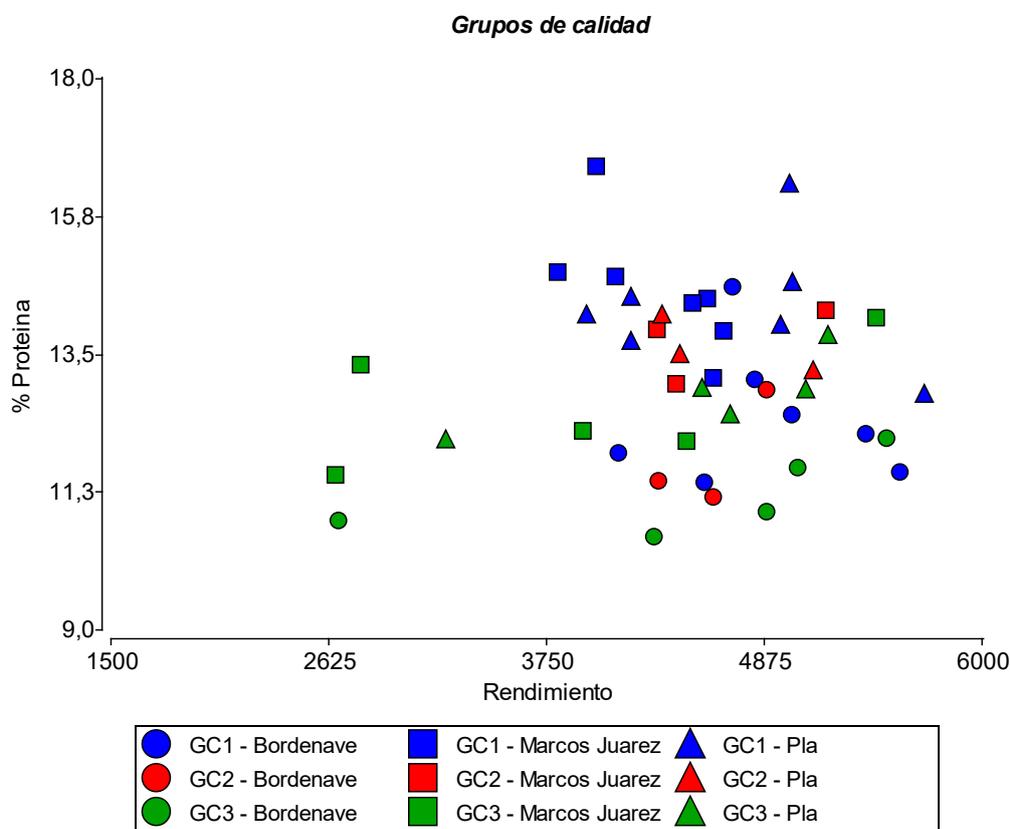
Se puede identificar que el genotipo Klein Proteo es uno de los genotipos que se caracteriza por mantener un alto porcentaje de proteína ante altos rendimientos.

En contraposición, el genotipo Bointa 3008, se ve que es un genotipo que no presenta buenos rendimientos y porcentaje de proteína.

El genotipo Baguette 11, tiene altos rendimientos, pero no así porcentaje de proteína.

Dentro del mismo gráfico (Figura 8), se identificó los genotipos que corresponden a los diferentes grupos de calidad (Figura 9).

Figura 9. Relación del porcentaje de proteína y el rendimiento (Kg ha⁻¹) en granos para los trigos de distintos grupos de calidad separados por sitio.



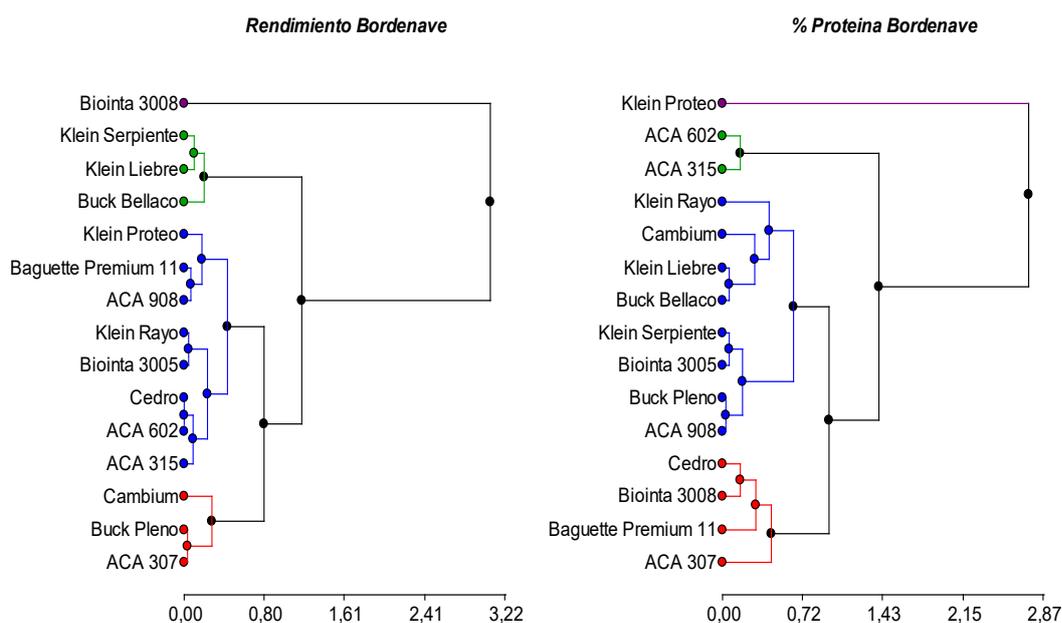
En este caso, se observa, que los genotipos de grupos de calidad 3 presentan valores más bajos de porcentaje de proteína, explorando todo el rango de valores de rendimientos. Los grupos 2 presentan valores intermedios de proteínas como de rendimiento, y los que mayor porcentaje de proteína tienen son los de grupo de calidad 1 con rendimientos que van desde 3750 Kg ha⁻¹ hasta casi 6000 Kg ha⁻¹.

Esto se relaciona con el gráfico anterior, ya que los genotipos de grupo de calidad 3, suelen ser los de ciclo largo, con bajos rindes, los genotipos de grupo de calidad 2, son los genotipos de ciclo intermedio, y, por último, los genotipos de ciclo corto son los de grupo de calidad 1, con altos rendimientos.

7.5 Análisis multivariados: Análisis de conglomerados

Con los siguientes gráficos de dendrogramas se ubican a los genotipos en un mismo grupo en el que comparten el mayor número permisible de características y los genotipos en diferentes grupos tienden a ser distintos.

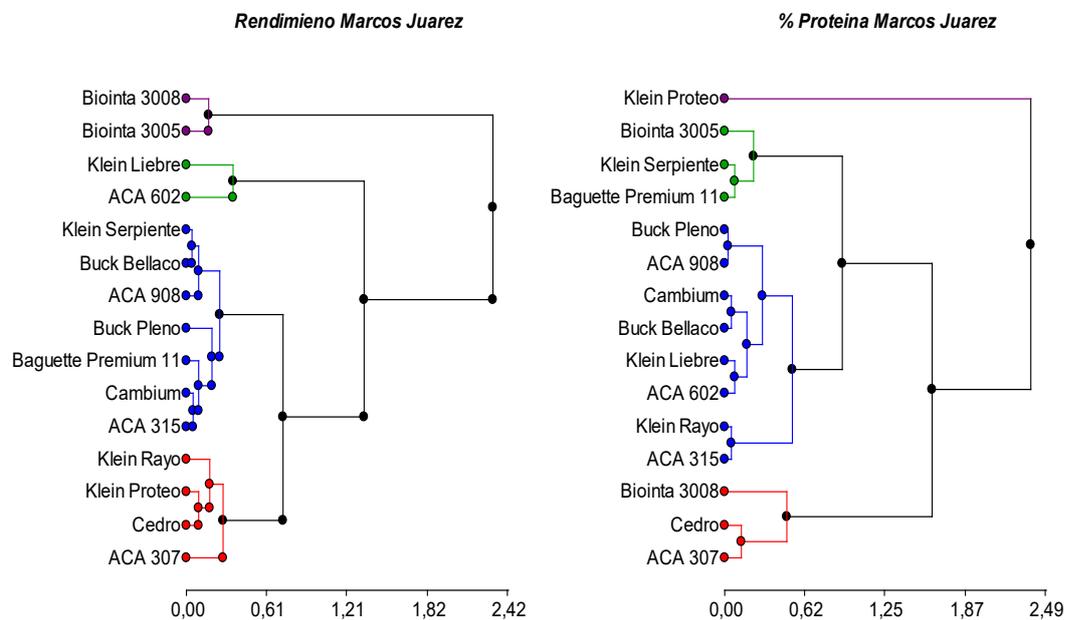
Figura 10. Análisis de conglomerados de rendimiento y porcentaje de proteína para Bordenave.



En el caso de Bordenave, el genotipo Biointa 3008 muestra las mayores diferencias en su respuesta con respecto a la generación del rendimiento sobre todo con Cambium, Buck Pleno y ACA 307.

En cambio, en lo que es porcentaje de proteína en granos Klein Proteo es que se diferencia del resto de los genotipos de forma marcada.

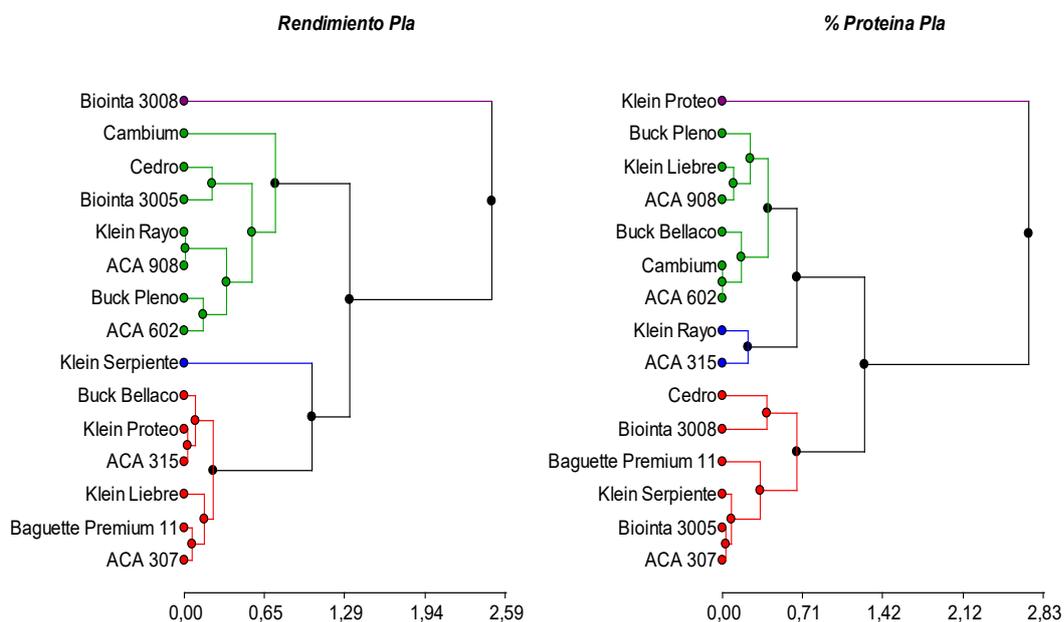
Figura 11. Análisis de conglomerados de rendimiento (Kg ha^{-1}) y porcentaje de proteína para Marcos Juárez.



En el caso de Marco Juárez, sucede lo mismo con Biointa 3008 sumándose en este caso Biointa 3005, siendo los que se diferencian marcadamente del resto de los genotipos.

En el caso del porcentaje de proteína, Klein Proteo, al igual que en Bordenave, sigue siendo el que presenta mayores diferencias.

Figura 12. Análisis de conglomerados de rendimiento y porcentaje de proteína para Plá.



En el caso de la localidad de Plá, también se observan las mismas características descritas que en Bordenave y Marcos Juárez con respecto a Biointa 3008 y Klein Proteo.

En resumen, los genotipos se van reagrupando en función del ambiente ya sea por rendimiento como por proteína, observándose una respuesta muy diferente y consistente en el caso del genotipo Biointa 3008 para rendimiento como Klein Proteo para proteína.

8. DISCUSIÓN

En los últimos años, se han incrementado notablemente los parámetros productivos gracias a la mejora y estabilización, y además a la obtención de genotipos con gran adaptabilidad a distintos tipos de ambientes. Por esto, el momento de la elección del genotipo, presenta significativa importancia para que un determinado cultivar exprese su máxima potencialidad, tanto en rendimiento como en contenido de proteína, a un determinado ambiente y así expresar sus mayores cualidades.

Con el análisis de los datos, se pudo notar cómo afecta la ubicación geográfica en la respuesta de los genotipos en sitios contrastantes como Marcos Juárez, Pla y Bordenave. Dada la interacción genotipo x ambiente los genotipos manifestaron mejores y peores resultados tanto en rendimiento en granos como en porcentaje de proteína lo cual estuvo determinado por la subregión a la cual pertenece cada sitio. Los sitios exploraron un microclima particular debido a que representan subregiones diferentes siendo Marcos Juárez de la subregión II Norte, Plá subregión II Sur y Bordenave de la subregión IV Norte.

Los genotipos de trigos, o bien también denominadas variedades, son obtenidos a través del objetivo de generar altos rendimientos, óptima calidad panadera, buen perfil sanitario y buena adaptación a varios ambientes (Evans, 1998). En este trabajo pudimos observar un comportamiento diferencial de algunos genotipos. Por ejemplo, hubo los genotipos más estables que mantuvieron los altos rendimientos en cualquiera de los sitios como lo fueron Klein Serpiente, Klein Liebre y Buck Bellaco. En cambio, el Biointa 3008 también fue más estable, pero estableció el menor rendimiento en los tres sitios. Una situación intermedia sucedió con el resto de los genotipos que iban cambiando su posición en el ranking de rendimientos en función del sitio, considerándose los más inestables. Aquí, se observó claramente como los genotipos de ciclo corto se vieron favorecidos en un sitio ubicado más bien al norte como es Marcos Juárez.

En base a lo antes expuesto, para poder comparar los distintos genotipos, se utilizó el índice ambiental. Con ello, se pudo obtener información valiosa como la estabilidad en el rendimiento en granos para la elección de un determinado genotipo dependiendo del sitio donde se encuentre (Finlay y Wilkinson 1963; Eberhart y Russell 1966). Esto permitió observar que los genotipos Klein Serpiente, Klein Liebre y Buck Bellaco son los que se adaptan mayormente a ambientes de alto potencial. Esto permite interpretar que la mejora del ambiente repercutirá en incrementos notables en el rendimiento.

A nivel productivo, el rendimiento y la calidad de los granos poseen una relación negativa en un gran rango de ambientes (Fischer et al., 1993; Triboi y Triboi-Blondel, 2002). Una de las causas que explica la tendencia negativa entre rendimiento y calidad es que los genotipos de alto rendimiento tienden a poseer menor aptitud panadera que genotipos calificados como de alta calidad de grano, a igual condición ambiente (Simmonds et al., 1995; Oury y Godin, 2007; Rozbicki

et al., 2015). Por consiguiente, la productividad ambiente es un factor que condiciona el balance entre rendimiento y calidad. En este trabajo se exploró la respuesta de los genotipos de trigo tanto en rendimiento como en el porcentaje de proteína como uno de los principales parámetros de calidad. Como primera medida se observó que los sitios mostraron diferencias marcadas en porcentaje de proteína, donde Bordenave es el sitio donde este parámetro de calidad se reduce comparado a los valores que se establecen en Marcos Juárez y Pla. Esto tiende a ser una respuesta inversa a lo que ocurre con rendimiento. No obstante, se pudo detectar dentro del análisis realizado que hay un genotipo, Klein Proteo de ciclo intermedio, que pudo establecer alto rendimiento como alto porcentaje de proteína comparado al resto. Otro caso fue Klein Libre, también de ciclo intermedio, con alto rendimiento y un porcentaje de proteína dentro del promedio general. Por otro lado, hay genotipos como el Bointa 3008 que presentó bajos rendimiento y bajos porcentajes de proteína.

En cuanto a los grupos de calidad se observó algo similar a lo que se muestra generalmente, ya que los grupos de calidad 1 tendieron a estar con valores altos de proteínas, los de calidad 2 en una situación intermedia y los de grupo 3 con valores más bien bajos de proteína. En este análisis, se observó que los de grupo 3 exploraron un rango amplio de rendimientos, distinto a lo que sucedió con los otros grupos. Esto, si bien coincide con la literatura, nos muestra que hay una variabilidad en el rendimiento mucho mayor en el grupo 3.

9. CONCLUSIÓN

En función de la base de datos analizadas de la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo (RET) y de los resultados obtenidos se rechaza la primera hipótesis planteada: *“Los genotipos que establecen un alto rendimiento en un determinado sitio no responderá de manera similar en un sitio distinto”* dado que algunos genotipos que mantuvieron su rendimiento potencial independientemente del sitio. Esto anterior se observó en gran medida en los genotipos Klein Serpiente y Klein Liebre.

Por otro lado, la segunda de las hipótesis: *“Todos los genotipos responden proporcionalmente a las mejoras en el ambiente”* también se rechazada dado que

esto no es así dado que hay gran variabilidad en las respuestas como se pudo observar en los resultados obtenidos

En cuanto a la tercera hipótesis “*Los genotipos que establecen alta proteína siempre establecerán un menor rendimiento*”, se pudo comprobar que esto no siempre es así por lo que también es rechazada, ya que puede haber casos excepcionales como en el caso del genotipo Klein Proteo que estableció un alto rendimiento con un porcentaje de proteína por encima del promedio.

El análisis realizado, considerando las localidades y genotipos en el estudio, permite definir cuál es el genotipo que mejor se adapta en función del objetivo productivo (rendimiento o calidad).

10. BIBLIOGRAFIA

Eberhart, S. T., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop science*, 6(1), 36-40.

Evans L.T. (1998) *Feeding Ten Billion: Plants and Population Growth*. Cambridge University Press Cambridge, Reino Unido.

Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian journal of agricultural research*, 14(6), 742-754.

Fischer RA, Howe GN, Ibrahim Z, 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. I. Grain yield and protein content. *Field Crops Res.* 33: 37-53.

Oury FX, Godin C, 2007. Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between the two characters to identify favourable genotypes? *Euphytica* 157: 45-57.

Poehlman J.M., Sleper D. (2003) *Mejoramiento Genético de las Cosechas*. 2da. Edición. Editorial LIMUSA, México.

Rozbicki J, Ceglinska A, Gozdowski D, Jakubczak M, Cacak-Pietrzak G, Madry W, Golba J, Piechocinski M, Sobczynski G, Studnicki M, Drzazga T, 2015. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat. *J. Cereal Sci.* 61: 126-132.

Satorre, E., Benech, A., Slafer, G., de la Fuente, E., Miralles, D., Savin, R. Producción de granos. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, 2003, pág 277-278.

Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H., Duveiller, E., Reynolds, M., Muricho, G., Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Food Security, 2013, Vol.5 (3) pp.291-317.

Simmonds NW, 1995. The Relation Between Yield and Protein in Cereal Grain. J. Sci. Food Agric. 67: 309-315.

Triboï E, Triboï-Blondel AM, 2002. Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem - invited paper. Europ. J. Agron. 16: 163-186.

<https://www.argentina.gob.ar/inase/red-variedades-de-trigo>

<https://www.faim.org.ar/>

<https://www.fao.org/faostat/es/#data>