



Evaluación de la estabilidad en el tiempo del contenido proteico en variedades de arveja.

Accoroni C.¹; Magnano, L.²; Espósito, M.³

1 Laboratorio de Agroindustria EEA Oliveros, INTA - 2 EEA Oliveros, INTA; 3 EEA Oliveros, INTA.



Palabras clave: contenido proteico, variedades, soja.

Introducción

El cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Argentina tiene su producción más relevante en la región Pampeana Norte, ampliando la oferta de cultivos extensivos invernales a ser incluidos en secuencias agrícolas, favoreciendo una agricultura más sustentable. Sumado a esto, la proteína de arveja ha despertado el interés de los consumidores por su baja alergenicidad, alto valor nutricional, disponibilidad y bajo costo, y, por ende, se viene observando una creciente concientización de incluir a las legumbres en la dieta, ya sea de manera directa o utilizando derivados de estas, tales como las harinas crudas o precocidas, texturizados, concentrados y/o aislados proteicos. En comparación con las harinas tradicionales elaboradas a partir de cereales, la harina de arveja y los productos innovadores desarrollados a partir de ellas, pueden contribuir a garantizar una alimentación suficiente y sostenible para los vegetarianos, veganos, flexitarianos y celíacos, dado que no contienen gluten (Reinkensmeier *et al.*, 2015) y, además, no contienen, o apenas contienen, fitoestrógenos y componentes antinutritivos (por ejemplo, inhibidores de la proteasa, lectinas y saponinas).

La región sudeste del sur de la provincia de Santa Fe, particularmente sur del departamento Rosario y este del departamento Constitución, se ha caracterizado por la producción primaria de legumbres; especialmente arvejas. La producción de arvejas en

Argentina se estima en más de 100.000 toneladas anuales, de las cuales más del 50 % se destina a la exportación. Por tal motivo, el mejoramiento de arveja y el desarrollo de nuevas variedades ha sido un desafío para el INTA, desarrollando un programa para tal fin en convenio con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario (FCA UNR).

Desde la Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros, en el año 2020, se iniciaron estudios de caracterización de composición de arvejas verdes y amarillas, precomerciales y comerciales, a fin de evaluar tanto su calidad industrial como la estabilidad del contenido proteico a lo largo del tiempo.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la estabilidad del contenido proteico de las variedades desarrolladas por INTA y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario y las disponibles en el mercado, contemplando tanto el comportamiento en la producción primaria como la calidad industrial de los granos producidos a la hora de producir aislados proteicos.

Materiales y Método

En el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros fueron evaluadas nueve variedades de arveja en tres campañas consecutivas, 2019, 2020 y 2021. De estas variedades tres son pre-comerciales y han sido desarrolladas por INTA y la FCA UNR: Primogénita FCA-INTA, B320 y B313, siendo la primera de color de cotiledón verde



y las restantes de color de cotiledón amarillo, y seis variedades comerciales: Viper, Kingfisher y Aragorn (color de cotiledón verde), y Astronaute, Reussite y Meadow (amarillas). Las semillas antes de la siembra fueron tratadas, según dosis de marbete, con los fungicidas Fludioxonil, Metalaxil-M y Tiabendazol (Maxim Evolution®) e inoculadas con cepas seleccionadas de *Rhizobium leguminosarum* (Rilegum Top®).

El ensayo se sembró en un lote de la EEA Oliveros (31° 34' 01''S- 60° 52' 35''W), sobre un suelo Argiudol típico, serie Maciel. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones en los años 2019 y 2020 y con dos repeticiones en el año 2021, ya que en este año un bloque presentó desuniformidad de plantas por problemas en la siembra y por ende no fue tenido en cuenta en el análisis. Se controlaron durante el ciclo del cultivo, la aparición de malezas, plagas y/o enfermedades. Se tomaron datos de peso de 1000 semillas, rendimiento por parcela, y se calculó el rendimiento en kilos por hectárea de cada material. La cosecha se efectuó con cosechadora experimental.

En el laboratorio las semillas de las variedades consideradas fueron molidas y tamizadas resultando una harina de tamaño de partícula igual a 250 µm. Luego, fueron caracterizadas fisicoquímicamente las composiciones de las harinas obtenidas mediante las siguientes determinaciones analíticas realizadas por triplicado fueron las siguientes: proteína (% bs), humedad (%), materia seca (%), cenizas (%), proteínas solubles y actividad ureásica. Para ello se utilizaron los métodos normalizados: IRAM 15852-1 – Contenido de Nitrógeno total y proteína bruta - Modificado, IRAM 15850-1 – Humedad, IRAM 15851 – Cenizas,

IRAM 5614 - Proteínas Solubles en hidróxido de potasio e IRAM 5608 - Actividad Ureásica.

La metodología utilizada para la producción de aislados proteicos de arveja ha sido la presentada por Stone et. al (2015). El procedimiento consta de una extracción alcalina seguida de una precipitación isoelectrónica. El proteinato obtenido fue pesado, lavado y neutraliza previo a su almacenamiento.

Las variables medidas fueron: rendimiento (kg/ha), peso de mil semillas, proteína base seca, proteína soluble, materia seca, cenizas (%) y actividad ureásica. En este trabajo se presentan específicamente el análisis realizado para rendimiento y proteína base seca (%). Se realizaron análisis descriptivos por variedad, y se evaluó el efecto que tenían las variedades y el año en el comportamiento de rendimiento y proteína. Se trabajó con los programas R (2022) y SAS University Edition (2018).

Resultados

La Tabla 1 presenta las medidas descriptivas considerando las tres campañas analizadas. La tabla fue ordenada por rendimiento promedio, los cuales varían entre 1643 kg.ha⁻¹ y 2778 kg.ha⁻¹. La desviación estándar difiere para las distintas variedades siendo Astronaute, Meadow y Aragorn las que presentan menor valor. Es preciso mencionar que no se cuentan con datos de rendimiento para Astronaute en el año 2019 ni para B 313 en el año 2020.

En la Tabla 2 puede observarse que el rango de proteína promedio considerando todos los años varía entre un 22,4 % y un 28,1 %. Siendo Primogénita FCA-INTA la que presentó mayor valor promedio.

T1 Tabla 1. Medidas descriptivas para rendimiento (kg/ha) por variedad.

Variedad	n	Mínimo	Máximo	Promedio	Desvio estándar	CV	Mediana	1° cuartil	2° cuartil	Rango intercuartilico
Reussite	8	1780	4295	2778	1012	36	2342	2048	3404	1356
B 313	5	1493	3929	2731	1063	39	2635	1922	3674	1752
Kingfisher	8	1590	4202	2596	980	38	2129	1945	3358	1413
Primogénita FCA-INTA	8	1280	3927	2461	1031	42	2001	1746	3442	1696
B 320	8	977	3924	2229	1050	47	1835	1647	2760	1113
Aragorn	8	1162	3198	2078	746	36	1730	1649	2579	930
Viper	8	918	3397	1963	1008	51	1522	1218	2818	1600
Meadow	8	1130	3265	1944	679	35	1778	1535	2292	756
Astronaute	5	1380	2267	1643	357	22	1557	1450	1559	109



Analizando los desvíos estándar puede observarse que estos varían entre 1 y 2,7 siendo Meadow y Aragorn las que presentaron menor.

Comparando los coeficientes de variación entre rendimiento y proteína, y recordando que el coeficiente de variación es un porcentaje que está relativizado por la media, puede observarse que la variabilidad del rendimiento es considerablemente mayor que la de la proteína.

Rendimiento y comportamiento a campo

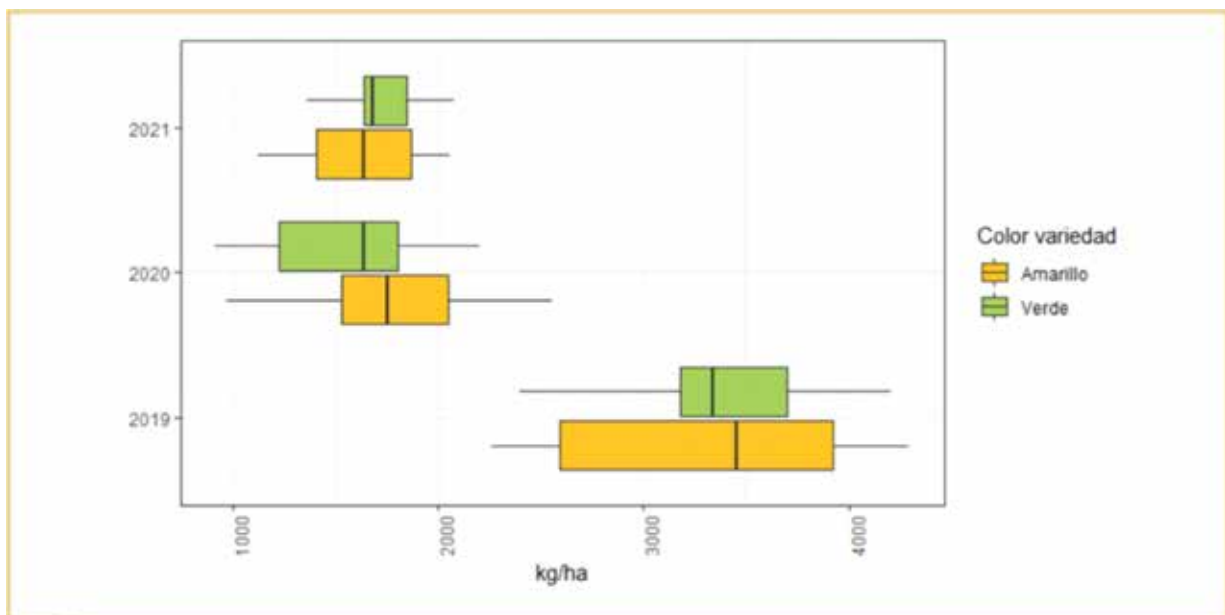
En la Figura 1 se presentan boxplots de rendimiento para las variedades verdes y amarillas para las tres campañas analizadas. Se observa que en

los años 2020 y 2021 los rendimientos sufrieron una marcada disminución respecto a 2019, debido a la incidencia de factores ambientales adversos. En 2019 y 2020 las variedades amarillas tuvieron un comportamiento levemente superior a las verdes pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa (p -asoc. < 0.05).

Para analizar si existen diferencias en el rendimiento promedio de las distintas variedades a través de todos los años se ajustó un modelo lineal mixto que contempla la heterogeneidad de variancia e incluye los efectos variedad, año e interacción entre variedad y año. Dado que la interacción no resultó significativa ($p > 0.05$), se procedió a hacer las comparaciones de medias para las distintas variedades y los distintos años.

T2 Tabla 2. Medidas descriptivas para proteína base seca (%) por variedad.

Variedad	n	Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío estándar	CV	Mediana	1° cuartil	2° cuartil	Rango intercuartilico
Primogénita FCA-INTA	7	27	32	28,1	1,8	6,4	28	27	28	0,8
Reussite	8	25	30	27,4	2,4	8,6	26	26	30	4,3
Aragorn	8	25	28	27,1	1,3	4,7	27	27	28	1,6
Meadow	8	26	29	27,1	1,0	3,6	27	27	28	1,3
Viper	8	25	29	26,7	1,5	5,7	26	25	28	2,6
Astronauta	8	24	29	26,0	2,3	8,7	25	24	28	3,8
B 320	8	21	30	25,6	2,7	10,7	26	25	27	1,9
Kingfisher	8	22	27	25,3	1,5	6,1	26	25	26	1,0
B 313	8	19	25	22,4	2,7	11,9	22	20	25	5,3



F1 Figura 1. Boxplots de rendimiento (kg/ha) de variedades verdes y amarillas en las tres campañas analizadas.



En la Tabla 3 se pueden observar diferencias significativas entre las variedades, siendo Reussite, Kingfisher y Primogénita FCA-INTA las de mayor rendimiento promedio estimado.

T3 Tabla 3. Comparación de medias de rendimiento (Kg/ha) por variedad.

Variedades	Medias	Error estándar	
Reussite	2665	216	A
Kingfish	2483	190	AB
Primogénita FCA-INTA	2348	166	ABC
Astronauta	2199	227	BCD
B313	2177	222	BCD
B320	2115	194	CD
Aragorn	1964	202	D
Viper	1949	178	D
Meadow	1831	250	D

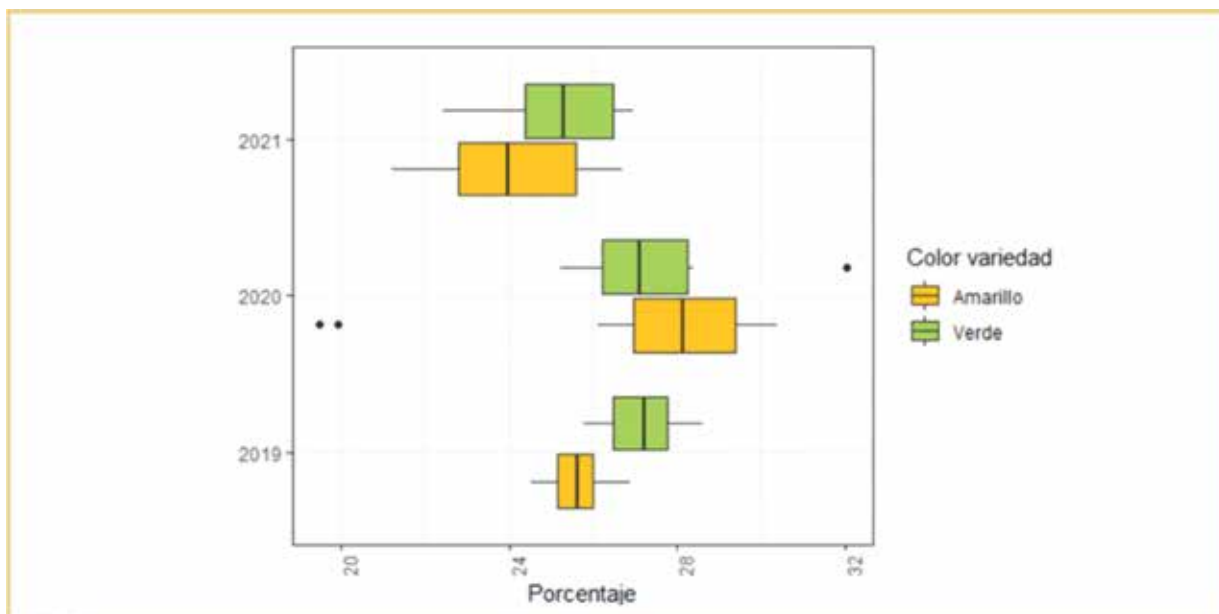
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)

Las campañas 2020 y 2021 sufrieron el impacto de factores ambientales adversos como ser sequeñas y varias heladas consecutivas, por ende, los rendimientos obtenidos están muy por debajo de lo esperado. No obstante, al evaluar la campaña 2019, de condiciones ambientales normales, el rendimiento promedio estimado es de 3411 kg/ha, tal como puede observarse en la Tabla 4.

T4 Tabla 4. Diferencias de medias de rendimiento (Kg/ha) promedio por campaña.

Año	Medias	Error estándar	
2019	3411	168	A
2021	1573	174	B
2020	1560	168	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha = 0,05$)



F2 Figura 2. Boxplots de proteína (%) de las variedades verdes y amarillas en las tres campañas analizadas.



Composición fisicoquímica de las variedades evaluadas

Se realizó el análisis correspondiente para la variable proteína en base seca. Los boxplots de proteína por año y por color que se presentan en la Figura 2 muestran que en el año 2020 el contenido proteico fue mayor. Se realizó la prueba de Mann Whitney en cada año para determinar si la mediana de proteína difiere de acuerdo al color. El año 2019 fue el único año donde se detectó que el contenido proteico medio de las variedades verdes fue mayor que el de las amarillas. En los otros años analizados, no hubo diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

Para determinar si existen diferencias en el contenido de proteína para las distintas variedades y en los diferentes años se ajustó un modelo lineal mixto que contempla heterogeneidad de variancia con los factores variedad, año e interacción variedad por año. Dado que, en este caso, la interacción resultó significativa, el análisis de diferencias de medias para variedades se presenta para cada uno de los años.

Los parámetros deseables son altos contenidos proteicos, y a su vez, que este contenido se mantenga a través de las campañas, así como también alta solubilidad de proteínas en medio levemente alcalino.

De todas las variedades evaluadas, en la Tabla 5 puede observarse que en el año 2019 la variedad Viper se destacó sobre las demás con un valor proteico medio estimado de 28,4%, siguiendo en magnitud las variedades Primogénita FCA-INTA y Aragorn con un porcentaje promedio estimado de 27,4% y 27,1% respectivamente. En la campaña 2020 fueron Reussite y Primogénita FCA-INTA las variedades con mayor contenido proteico medio estimado con valores de 30,2% y 29,3% respectivamente. También presentaron valores altos de proteína las variedades Astronauta, Aragorn, Meadow y B 320. En el año 2021, fueron las variedades Primogénita FCA-INTA y Meadow las que más se destacaron, siguiendo luego Viper, Reussite y Aragorn. En general, los valores promedio estimados para proteína en el último año analizado fueron menores que los obtenidos en años anteriores.

En cuanto al contenido mínimo, se observa un valor estimado de 19,6% para la variedad pre-comercial B 313 en el año 2019.

T5 Tabla 5. Diferencia de medias de proteína por variedad particionada por campaña.

2019			
Variedad	Estimación	Error estándar	
Viper	28,4	0,19	A
Primogénita FCA-INTA	27,4	0,15	B
Aragorn	27,1	0,10	B
Meadow	26,6	0,24	C
Kingfish	25,9	0,07	D
Reussite	25,8	0,06	D
B320	25,7	0,23	DE
B313	25,2	0,09	E
Astronauta	24,6	0,09	F

2020			
Variedad	Estimación	Error estándar	
Reussite	30,2	0,12	A
Primogénita FCA-INTA	29,3	1,37	AB
Astronauta	28,6	0,27	B
Aragorn	28,3	0,07	B
Meadow	28,1	0,20	B
B320	28,0	1,07	BC
Kingfish	26,3	0,15	CD
Viper	25,7	0,32	D
B313	19,6	0,13	E

2021			
Variedad	Estimación	Error estándar	
Primogénita FCA-INTA	27,0	0,1	A
Meadow	26,3	0,5	AB
Reussite	25,5	0,4	B
Viper	25,5	0,8	ABC
Aragorn	25,3	0,3	B
Astronauta	24,0	0,4	CD
Kingfish	22,8	0,4	E
B313	22,2	1,0	DE
B320	21,9	0,7	E

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



Rendimiento de producto y contenido proteico por variedades

El rendimiento de producto (%) hace referencia a los gramos de aislado proteico obtenidos a partir de la harina de partida. Además, por otra parte, el rendimiento de del contenido proteico representa cuanta de la proteína de la materia prima utilizada ha sido recuperada en el producto final.

En la Tabla 6 se presentan las medidas descriptivas con sus respectivos valores. Se puede observar que el valor medio de rendimiento producto para todas las variedades de las tres campañas ha sido de 27,85 %, lo cual indica un alto valor comparado con el máximo relevado en la bibliografía igual a 19,7 % (Stone *et. al*, 2015). En la Figura 3 se muestran los rendimientos de producto (%) para cada una de las variedades en las tres campañas evaluadas. La varie-

dad Primogénita FCA-INTA es la única variedad que presenta rendimientos de producto por encima del 30 % para todas las campañas evaluadas.

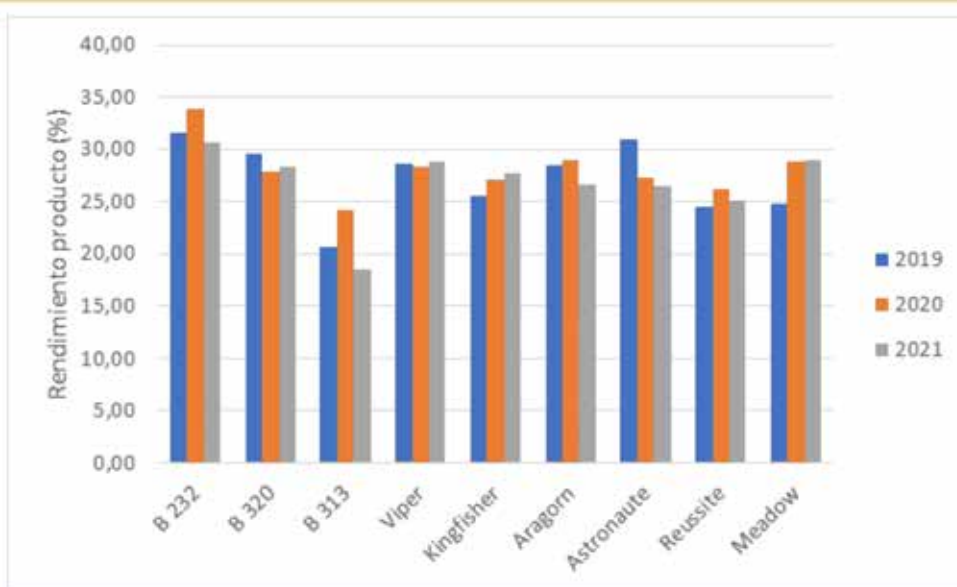
Por último, al evaluar la correlación existente entre el rendimiento de producto (%) respecto al rendimiento de contenido proteico (%), se puede observar en la Figura 5 que existe una leve correlación positiva entre ambas variables ($R^2 = 0,47$).

Conclusiones

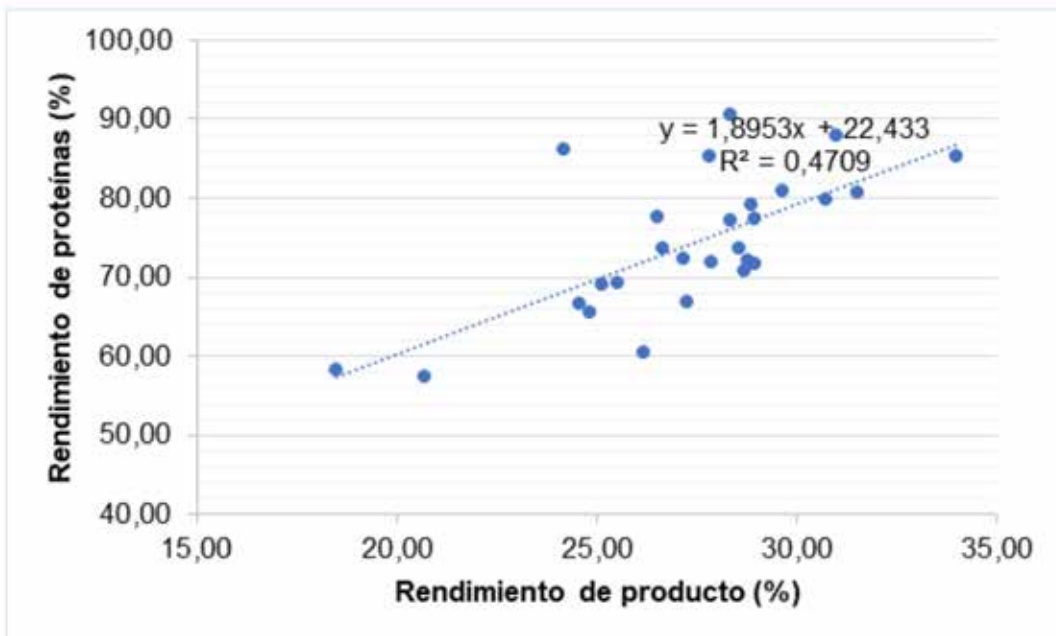
Al observar los resultados de este trabajo, podemos concluir que el mejoramiento genético realizado en pos de mejorar la calidad industrial de las arvejas ha logrado hasta el momento, una variedad, Primogénita FCA-INTA, con una muy buena performance. Esta variedad ha permanecido en todas las campañas dentro de las primeras cuatro variedades de mayor rendimiento a campo (kg/ha). Sumado a ello, ha mostrado estabilidad de su contenido proteico en el tiempo, siendo de las variedades con contenido proteico más alto (% bs). Por último, se evidencia un alto porcentaje de recuperación de proteínas reflejado en el alto porcentaje de rendimiento de producto y de contenido proteico de producto final. Para observar si se mantiene esta tendencia, estos análisis se repetirán en las próximas campañas.

T6 Tabla 6. Valores medios, máximos y mínimos de rendimiento de producto (%) y rendimiento de contenido proteico de todas las variedades en todas las campañas.

	Rendimiento Producto (%)	Rendimiento Contenido proteico (%)
N	27	27
Media	27,85	73,74
Coefficiente de variación	0,11	0,12
Mínimo	18,49	57,42
Máximo	33,97	90,82



F3 Figura 3. Rendimiento de producto por variedad y campaña.



F4 Figura 4. Rendimiento de producto por variedad y campaña.

Agradecimientos

Al Proyecto INTA I 132: Mejoramiento Genético de Legumbres, a Rizobacter por colaborar, aportando los tratamientos de semillas en los años evaluados. A todas las personas que colaboraron con su trabajo para la realización de los ensayos a campo y laboratorio; Tec. Edgardo A. Devia y Tec. Mauricio D. Cruz.

Bibliografía

Balzarini, M. y Di Renzo, P. 2010. InfoStat: Software para análisis estadístico de datos genéticos. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Argentina

Barac M.B., Stanojevic S.P., Jovanovic S.T., Pesic M.B. (2004). Soy protein modification - a review. *Acta Period. Technol.* 35, 3–16. <https://doi.org/10.2298/APT0435003B>.

Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43 (2), 414-431.

Gruber, P., Becker, W. M., & Hofmann, T. (2005). Influence of the Maillard reaction on the allergenicity of rAra h 2, a recombinant major allergen from peanut (*Arachis hypogaea*), its major epitopes, and peanut agglutinin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (6), 2289-2296.

Reinkensmeier, A., Bußler, S., Schluter, O., Rohn, S. & Rawel, H.M., (2015). Characterization of individual proteins in pea protein isolates and air classified samples, *Food Research International*. doi: 10.1016/j.foodres.2015.05.009

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SAS Institute Inc. (2018). SAS University edition virtual application. Cary, NC, USA. Retrieved from http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html

Stone, A.K., Avarmenko, N.A., Warkentin, T.D. *et al.* (2015). Functional properties of protein isolates from different pea cultivars. *Food Sci Biotechnol* 24, 827–833 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0107-y>

Van Eys J.E. (2004). *Manual of Quality Analyses for soybean products in the feed industry*. 2nd Edition. U.S. Soybean Export Council.