

Diferenciación de parámetros de calidad de soja según zona agroecológica de producción. Reconocimiento de origen

Mayo 2023

Informe elaborado por Bárbara Carpaneto



**Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria**
Argentina

Estación Experimental
Agropecuaria
Balcarce

Diferenciación de parámetros de calidad de soja según zona agroecológica de producción. Reconocimiento de origen

Informe mayo 2023

Elaborado por Bárbara Carpaneto

Proyecto INTA 2019 - PE - E7 - I517 - 001

Objetivo específico de la línea

Quantificar parámetros de calidad industrial del grano de soja (proteína y aceite) según zona agroecológica de producción.

Hipótesis de la línea

La concentración de proteína y aceite de los granos de soja del SE de la provincia de Buenos Aires se asocian a las zonas agroecológicas de producción.

Palabras claves: soja, proteína, aceite, zona agroecológica, sudeste bonaerense.

Introducción - Aspectos generales

El territorio nacional tiene una vasta diversidad de zonas productivas homogéneas en cuanto a clima y suelo, se entiende por zona agroecológica homogénea a la división y agrupación del terreno en áreas con características similares en cuanto a suelo y clima, que no necesariamente tienen que respetar la división política del territorio. En este sentido, Rotundo *et al* (2016) en su estudio sobre calidad de granos de soja, mencionan que la variación espacial ocurre a escalas diferentes que los límites políticos. Una forma de dividir el territorio es la propuesta por la RIAN en zonas y Subzonas (Figura 1).

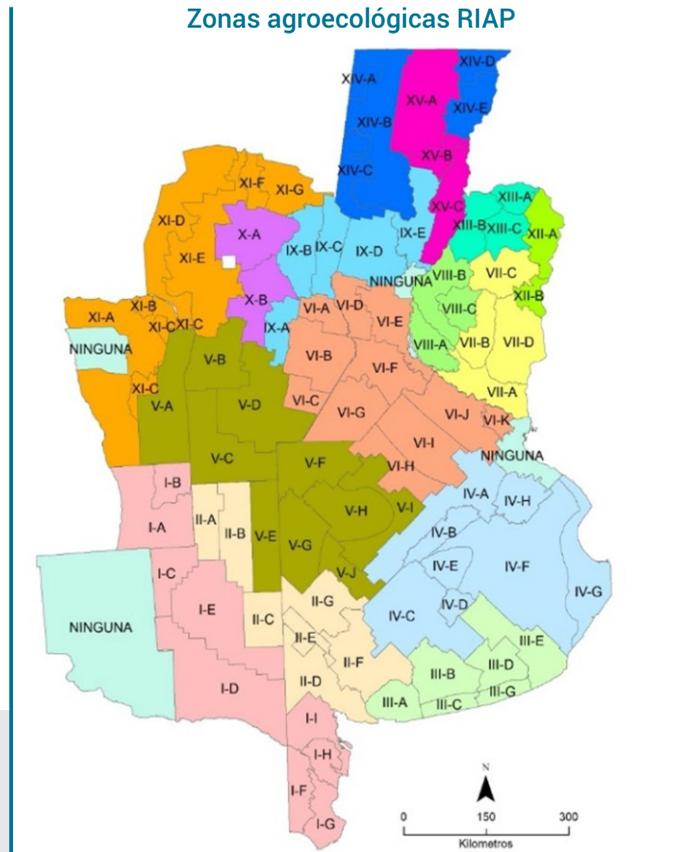


Figura 1
Zonas y subzonas
agroecológicas RIAN
(Belmonte *et al*, 2006).

Como es sabido, la composición de los granos de los principales cultivos extensivos (trigo, maíz, soja y girasol) está determinada por el genotipo, el ambiente y la interacción entre ambos. De esta forma, dicha composición será diferente según la variedad o híbrido que se utilice, las prácticas de manejo que se empleen y la región de donde provenga.

El potencial de los **productos ligados al origen** radica en su calidad específica, resultado de la combinación de recursos naturales y técnicas o prácticas de producción locales relacionadas con la historia y la cultura. Es una herramienta que permiten diferenciar y hacer distinguible la calidad de un producto relacionada con su origen geográfico. Esta diferenciación permitiría una industria local más eficiente, con posibilidad de realizar productos de mayor valor agregado (Alimentos Argentinos, 2019).

Para un atributo de calidad específico como es el contenido de proteína en granos de soja, se observan variaciones a través de los años que difieren según la zona productora. Siendo marcada la disminución en la zona núcleo sojera (sudoeste y sur de Santa Fe, sudeste, sudoeste y noreste de Córdoba y norte de Buenos Aires, Cuniberti, M., 2018) mientras que en la zona de afluencia al puerto de Quequén el contenido de proteína a través de los años se ha mantenido casi constante (Elaboración propia a partir de datos de la Cámara Arbitral de la Bolsa de Cereales - CABC, Gráfico 1).

Por otro lado y sumado a lo anterior, mientras hay una vasta bibliografía de estudios realizados en la zona núcleo (Bosaz *et al*, 2019; Maestri *et al*, 1998; de Felipe *et al*, 2016; Dardanelli *et al*, 2006; Cuniberti *et al*, 2006, 2010, 2018; Herrero *et al*, 2013, 2017; Mir *et al*, 2018), poca información referida a calidad de soja ha sido relevada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, sólo se cuenta con la relevada por éste proyecto en la campaña anterior (Carpaneto, B., 2022).

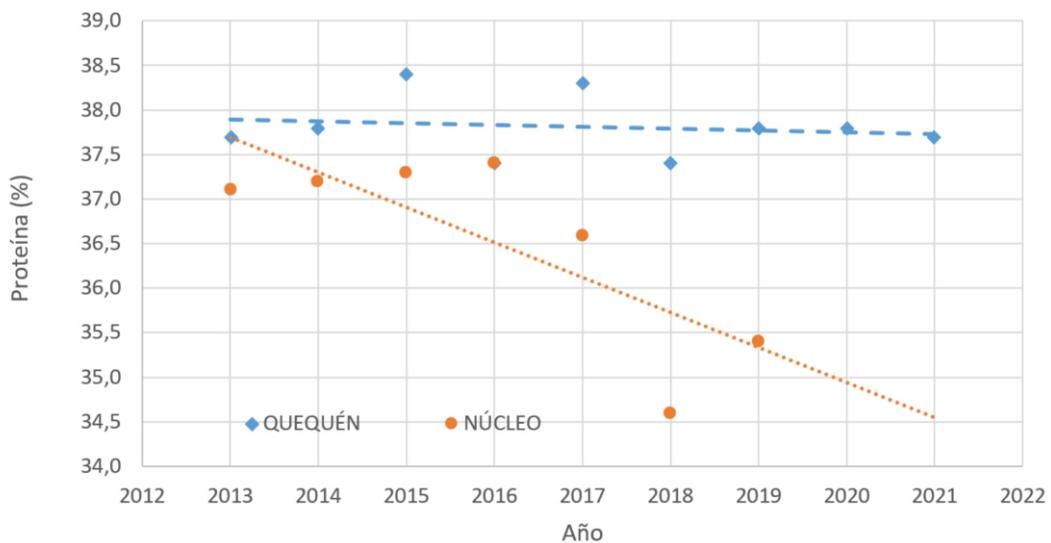


Gráfico 1

Contenido de proteína de soja (%) a través de los años en la zona núcleo y en la de afluencia a puerto Quequén. (Elaboración propia a partir de datos de Cuniberti, 2018 y de la CABC).

Es por esto que se plantea la necesidad de a) estudiar las diferencias en parámetros de calidad industrial de soja entre zonas, b) delimitar de zonas con calidades diferenciales de granos para poder ligar calidad y ambiente (**denominación de origen**) y c) tratar de encontrar el o los parámetros ambientales si los hubiera, responsables de esas diferencias.

Metodología

Origen de las muestras

Durante la campaña 2022 se colectaron muestras de granos de soja provenientes de lotes comerciales (PRODUCTOR) de los partidos Gral Alvear, Gral. Madariaga, Gral. Alvarado, Azul, Balcarce, Bolívar, Benito Juárez, Gral. La Madrid, Laprida, Lobería, Necochea, Olavarría, Gral. Pueyrredon, San Cayetano, Cnel. Suarez y Tandil. Las muestras de lotes comerciales fueron recolectadas por profesionales del área de extensión de INTA (listados en el Anexo). Además, se analizaron granos de muestras provenientes de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja (RECSO) de Balcarce.

Cada muestra analizada estuvo acompañada por información de manejo (fecha de siembra, cultivo antecesor, variedad), de producción (rendimiento) y ubicación geográfica del lote.

Se analizaron parámetros de calidad industrial (contenido de proteína y aceite) en el laboratorio de la CABC, Necochea, mediante tecnología de espectroscopio por infrarrojo cercano (NIR) y los datos se expresan como porcentaje en base seca. También se presenta el valor de PROFAT calculado como la suma de los valores porcentuales de proteína y aceite. El PROFAT representa la cantidad de reservas disponibles para uso industrial.

Las variables evaluadas se analizaron por medio de Análisis de Varianza (ANVA) para detectar diferencias entre las medias de los tratamientos. Cuando por medio del test F del ANVA se detectaron diferencias significativas, éstas se compararon por el método de la mínima diferencia

significativa (MDS). Adicionalmente, se calculó el coeficiente de variación porcentual (CV%) como el cociente entre el error experimental y la media general del experimento. Se utilizó el software estadístico R versión 4.1.3.

Resultados

Características de las muestras

Se recibieron un total de 368 muestras, de las cuales 73 correspondieron a la RECSO y el resto (295) a muestras de productores. Del total de muestras recibidas, solo se analizaron aquellas que tenían completa la información de manejo, producción y ubicación que fueron un total de 329 (11% de las muestras fue descartado).

Hubo efecto significativo del origen de las muestras (RECSO y PRODUCTOR) para todos los parámetros evaluados (p-valor en Tabla 1 del Anexo), por tanto, para un mejor análisis, las muestras se separan en dos conjuntos: RECSO y PRODUCTOR.

La descripción de las muestras se puede hacer según grupo de madurez (GM), en la Tabla 1 se detalla la cantidad de variedades (genotipos) diferentes y de muestras (n) por GM, según el origen de las muestras (PRODUCTOR y RECSO). El cuadro se interpreta de la siguiente forma: en el grupo PRODUCTOR se recibieron 13 muestras de 1 variedad del GM II C, y así con los demás GM. Para el grupo RECSO, por tratarse de una red de evaluación de cultivares, la cantidad de muestras coincide con la cantidad de variedades.

Tabla 1. Cantidad de variedades y de muestras de soja analizados por cada GM según origen de las muestras.

GRUPO DE MADUREZ	CANTIDADES DE VARIEDADES POR GM		CANTIDADES DE MUESTRAS POR GM	
	PRODUCTOR	RECSO	PRODUCTOR	RECSO
II C	1	-	13	-
III L	4	-	11	-
III C	8	8	40	8
IIIL	17	9	50	9
IV C	12	18	104	18
IV L	15	33	43	33

Otra forma de caracterizar el set de muestras, relacionado al origen geográfico es presentar la cantidad de muestras recolectadas de productores por subzona, discriminadas según momento de ocupación del lote en la rotación (1° o 2°, Tabla 2):

Tabla 2. Cantidad de muestras analizadas por subzona, según ocupación

CANTIDAD DE MUESTRAS POR SUBZONA			
SUBZONA*	SOJA 1°	SOJA 2°	TOTAL
II - F	4	1	5
III - B	20	2	22
III - C	-	1	1
III - D	12	8	20
III - E	10	1	11
III - F	75	17	90
IV - A	5	2	7
IV - B	1	1	2
IV - C	48	14	62
IV - D	25	7	32
IV - E	2	-	2
IV - F	3	-	3
IV - G	1	-	1
V - I	1	-	1
TOTAL	207	54	261

* Ver mapa Figura 1

ANÁLISIS POR CONJUNTO DE DATOS

Conjunto productor

Este conjunto está formado por las muestras provenientes de lotes comerciales de productores de soja tanto de primera como de segunda ocupación. Se analizaron un total de 261 muestras (207 de soja de 1° y 54 de soja de 2°). Fue significativo el efecto de la ocupación (soja de 1° o de 2°) para el contenido de aceite, PROFAT y rendimiento (p-valor en Tabla 2 del Anexo).

Dentro de los parámetros de calidad analizados, la concentración de proteína de los granos varió de 32,4 a 41,7%. La diferencia entre PRODUCTOR 1° época y PRODUCTOR 2° época de siembra fue no significativa y de 0,45 puntos porcentuales. La concentración de aceite de los granos varió entre 18,2 a 24,7%. En promedio de toda la zona muestreada, la concentración de aceite del conjunto PRODUCTOR 1° época de siembra, fue 0,9 puntos porcentuales superior respecto al de PRODUCTOR 2° época. El PROFAT manifiesta un comportamiento similar al de proteína (componente mayoritario de la suma), para cada conjunto de muestras, pero con menor variabilidad que los otros parámetros estudiados. Respecto al rendimiento (kg/ha), se destaca el gran coeficiente de variación (CV%) observado. En promedio de toda la zona muestreada, el rendimiento del conjunto PRODUCTOR 1° época de siembra tuvo 992 kg/ha más respecto al de PRODUCTOR 2° época (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de proteína y aceite base seca (%), PROFAT y rendimiento (kg/ha), media y coeficiente de variación (%) para el conjunto PRODUCTOR, según ocupación.

PARÁMETRO	ORIGEN	PRODUCTOR SOJA 1°		PRODUCTOR SOJA 2°	
		MEDIA	CV (%)	MEDIA	CV (%)
PROTEÍNA (%)		27,6 a*	4,3	38,1 a	3,3
ACEITE (%)		21,3 a	4,8	204 b	5,6
PROFAT		58,9 a	1,9	58,4 b	1,9
RENDIMIENTO (kg/ha)		2896,5 a	21,0	1904,4 b	42,8

* medias seguidas de letras iguales en la fila, indican diferencias no significativas ($\alpha=0,05$).

Para contenido de proteína el ambiente (localidad y fecha de siembra) contribuyó a la variabilidad total con el 55% mientras que la variedad lo hizo con un 16%. De igual forma para contenido de aceite, el ambiente aportó el 79% a la variabilidad y el genotipo solo el 7%. En el PROFAT la variabilidad total estuvo explicada en un 76% por el ambiente y en un 12% por la variedad.

Conjunto RECSO

Este conjunto está formado por las muestras provenientes de la RECSO de INTA Balcarce. A fin de poner en contexto territorial, se analiza el conjunto comparando con lotes comerciales de productores de soja de primera ocupación de la localidad de Balcarce. Se analizaron un total de 116 muestras (48 de PRODUCTOR y 68 de RECSO).

Para proteína (%), la diferencia es de 2,8 puntos porcentuales inferior para la RECSO. En el caso de contenido de aceite (%), la diferencia es de 1,4 puntos porcentuales superior para la RECSO. En el caso de la variable productiva (rendimiento), la diferencia es de 1033,2 kg/ha superior para la RECSO (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración de proteína y aceite base seca (%) y PROFAT y rendimiento (kg/ha), media y coeficiente de variación (%) para el conjunto RECSO y PRODUCTOR.

PARÁMETRO	ORIGEN	*PRODUCTOR SOJA 1°		RECSO	
		MEDIA	CV (%)	MEDIA	CV (%)
PROTEÍNA (%)		38,1 a **	3,4	35,3 b	3,3
ACEITE (%)		20,8 a	3,9	22,2 b	3,1
PROFAT		58,9 a	1,7	57,6 b	1,3
RENDIMIENTO (kg/ha)		2971,1 a	17,9	4004,3 b	16,7

*corresponde a muestras de productores de soja de 1° ocupación el partido de Balcarce.

**medias seguidas de letras iguales en la fila, indican diferencias no significativas ($\alpha=0,05$).

Análisis por grupo de madurez

Se analizó el efecto del grupo de madurez sobre el contenido de proteína y aceite (Tabla 5), para el conjunto PRODUCTOR en su totalidad ya que no hubo efecto de la interacción entre grupo de madurez y ocupación del lote (p -valor=0,6), y también para el conjunto RECSO.

Tabla 5. Concentración media de proteína y aceite base seca (%), para cada grupo de madurez.

GRUPO DE MADUREZ	ORIGEN	PRODUCTOR		RECSO	
		PROTEÍNA (%)	ACEITE (%)	PROTEÍNA (%)	ACEITE (%)
II C		39,0 a*	20,6 b	-	-
II L		38,2 ab	20,5 b	-	-
III C		37,9 b	20,9 b	35,2 ab	22,6 a
III L		37,8 b	20,9 b	25,6 ab	22,4 ab
IV C		37,7 b	21,1 b	35,7 a	22,5 b
IV L		36,9 c	21,6 a	35,0 b	22,3 ab

*medias seguidas de letras iguales en la fila, indican diferencias no significativas ($\alpha=0,05$).

Análisis por subzona

Las muestras provenientes del conjunto PRODUCTOR son sobre las que se puede inferir sobre el efecto del ambiente en los parámetros estudiados. Por mayor cantidad de muestras, se trabajó con el conjunto PRODUCTOR SOJA 1° OCUPACIÓN ($n=207$, Tabla 2).

Tabla 6. Concentración de proteína, aceite base seca (%) y rendimiento (kg/ha), media y coeficiente de variación (%), según subzona.

SUBZONA	ACEITE (%)	PROTEÍNA (%)	RENDIMIENTO (kg/ha)
II - F	22,2 abc* (8,5)**	35,0 c (5,0)	2452,5 ab (19,5)
III - B	20,7 e (4,4)	38,4 a (4,5)	2343,0 b (19,2)
III - D	20,5 e (2,6)	38,7 a (3,1)	3095,8 ab (14,2)
III - E	21,4 bcd (2,4)	37,8 ab (2,7)	2489,8 ab (25,8)
III - F	21,0 de (4,1)	27,8 ab (3,6)	2887,1 ab (20,3)
IV - A	22,5 abc (4,5)	36,8 bc (0,8)	3080,0 ab (25,7)
IV - B	23,3 ab	27,3 bc	3600,0 a
IV - C	21,4 cd (4,1)	37,5 b (4,0)	3007,7 ab (21,4)
IV - D	21,5 bcd (5,3)	37,1 bc (4,8)	3211,8 a (11,8)
IV - E	23,0 abc (4,4)	34,6 c (8,2)	3150,0 ab (20,2)
IV - F	21,9 abcd (4,4)	36,8 c (7,5)	2746,0 ab (26,7)
IV - G	23,1 abc	34,6 c	2600,0 ab
V - I	23,7 a	37,2 bc	3500,0 a

* medias en la columna seguidas de letras iguales, indican diferencias no significativas ($\alpha=0,05$).

** CV% valor entre paréntesis. En subzonas IV - B, IV - G y V - I no se calcula CV porque $n=1$.

Basado en el análisis estadístico de los parámetros analizados (Tabla 6), se agruparon las subzonas según igualdades significativas.

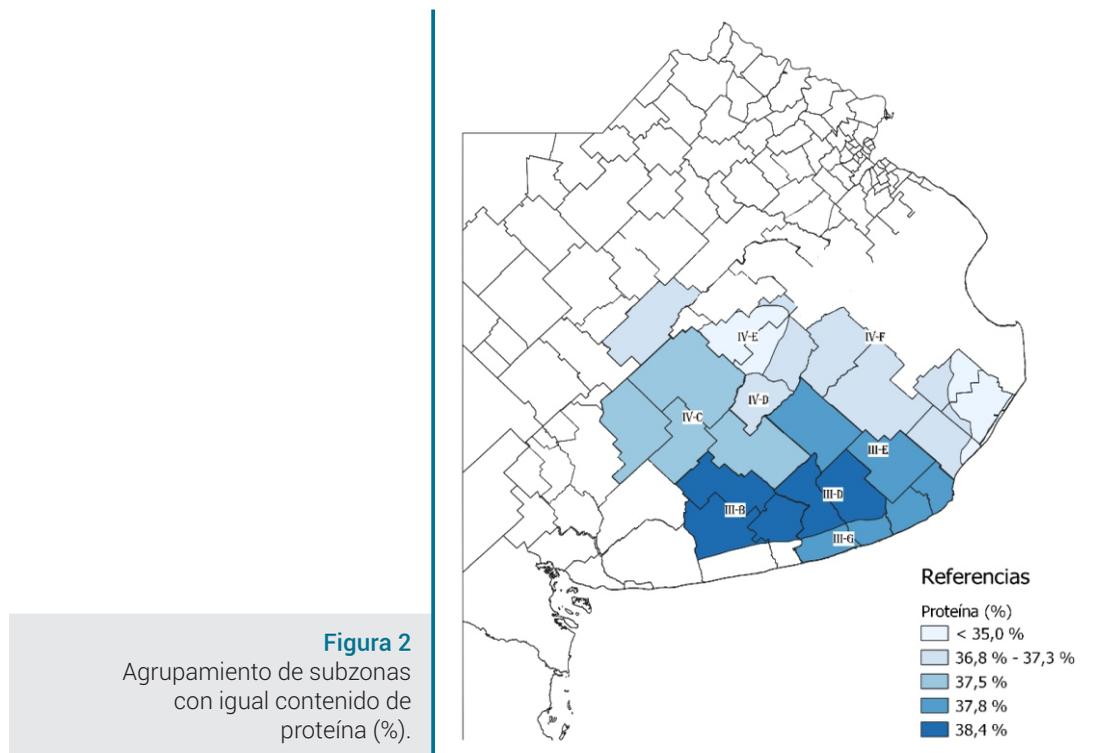
Así para contenido de proteína (%) es posible diferenciar 5 áreas / niveles, de mayor a menor superficie (Figura 2):

- » el área más grande es la formada por las subzonas IV – A, IV – B, IV – D, IV – F y V – I, para un contenido de proteína entre 36,8 y 37,3%,
- » le sigue la formada por las subzonas II – F, IV – E y IV – G, para un contenido de proteína menor a 35,0%,
- » luego la IV – C con 37,5% de proteína,
- » con 37,8% de proteína las subzonas III – E y III – F y, finalmente
- » las subzonas III – D y III – B para un contenido de proteína > 38,4%.

En el territorio, se define una cuña que va desde la zona costera sudeste al centro oeste de mayor contenido de proteína que disminuye en la zona de la Cuenca del Salado y hacia el oeste de Sierra de la Ventana.

De la misma forma para contenido de aceite (Figura 3), es posible diferenciar 8 áreas. Se observa que las áreas de mayor contenido de aceite se corresponden aproximadamente con las de menor contenido de proteína.

Lo mismo fue realizado para el PROFAT (Figura 1 en el Anexo).



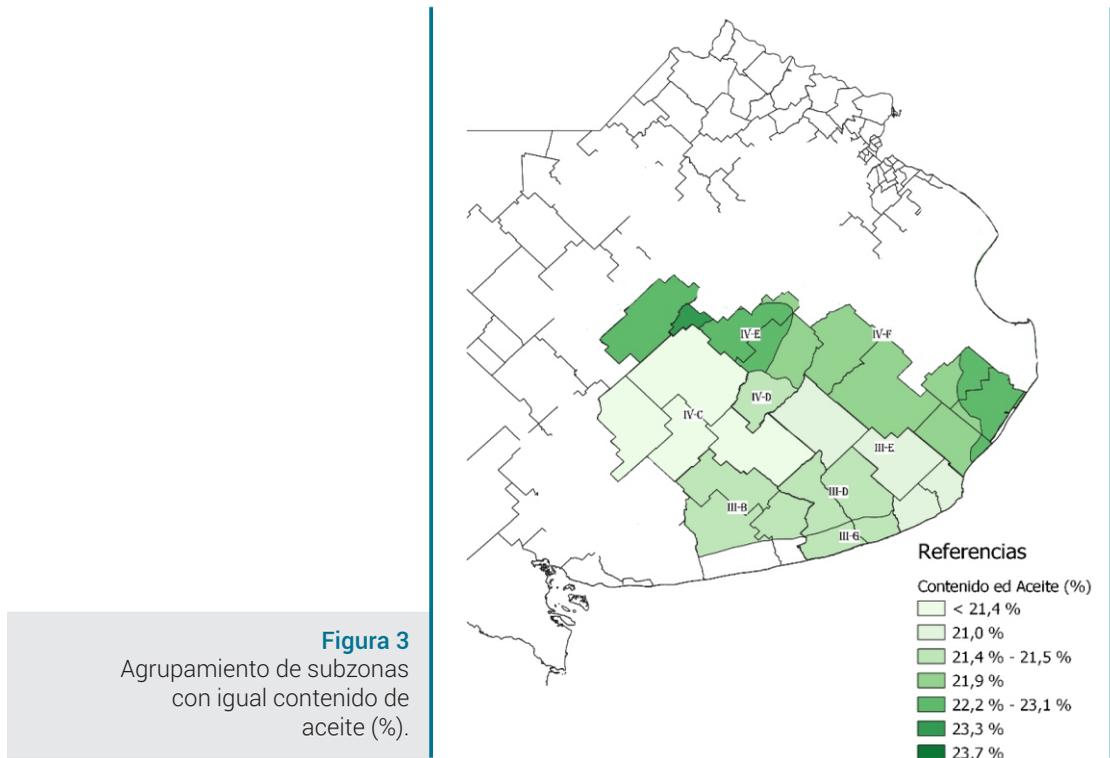


Figura 3
Agrupamiento de subzonas con igual contenido de aceite (%).

Relaciones entre variables

Se relacionó el rendimiento en grano (kg/ha) con el contenido de proteína (%). Para el conjunto PRODUCTOR, no se observó relación entre dichas variables tanto para soja de primera como de segunda época de siembra (Gráfico 2).

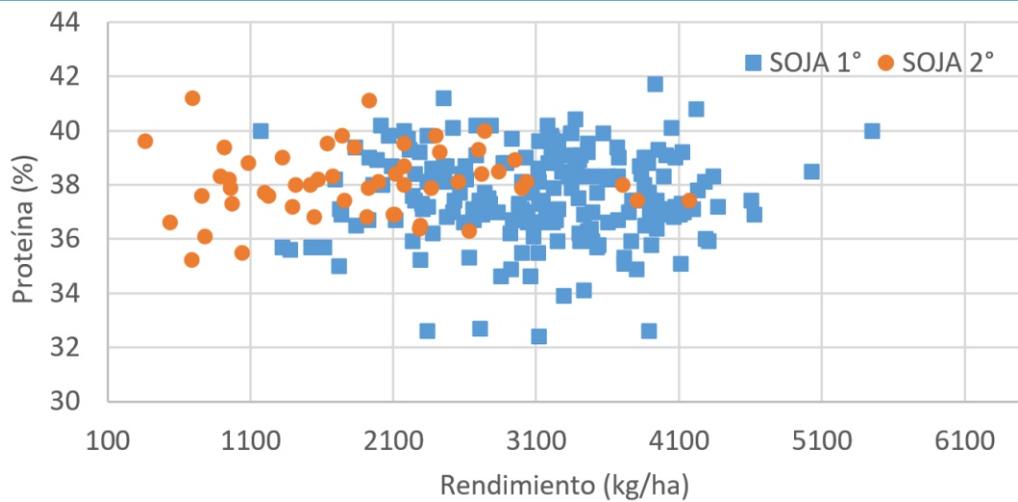


Gráfico 2
Regresión entre rendimiento en grano (kg/ha) y concentración de proteína (base seca, %) para el conjunto PRODUCTOR, soja de 1° (n= 204) y 2° (n= 53) época de siembra.

La regresión entre la concentración de proteína y la de aceite fue negativa y significativa tanto para el conjunto RECSO (p-valor= 3,9 e-13, n= 68, Gráfico 3), como para el conjunto PRODUCTOR (p-valor= 2,2 e-16, n= 207 y p-valor= 1,3 10 -6, n= 54 para soja de 1° y soja de 2°, respectivamente, Gráfico 4).

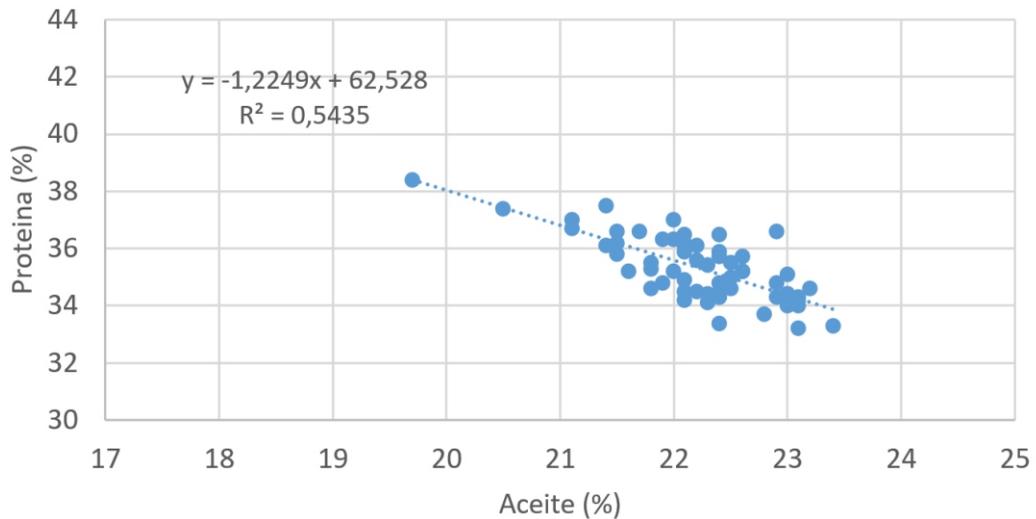


Gráfico 3

Regresión entre concentración de proteína (base seca, %) y aceite (base seca, %) para el conjunto RECSO (n= 68).

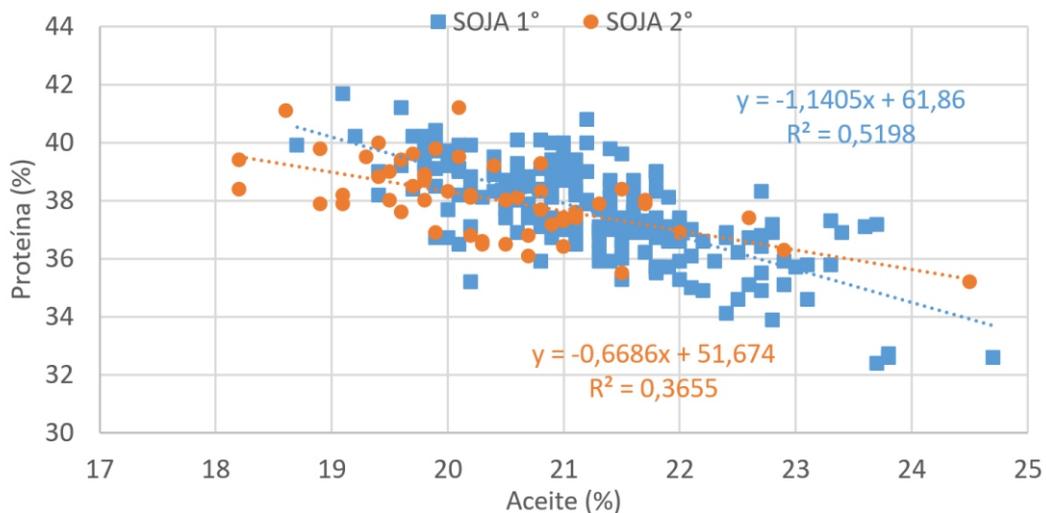


Gráfico 4

Regresión entre concentración de proteína (base seca, %) y aceite (base seca, %) para el conjunto PRODUCTOR soja de 1° (n= 205) y de 2° (n= 54) ocupación.

También se analizó la regresión entre contenido de proteína y aceite (% base seca), para aquellas subzonas con 20 o más muestras (solo soja 1°) y se observó que si bien las mismas fueron significativas, la robustez (R^2) varió según la subzona (Tabla 7).

Tabla 7. Ecuación de la recta y valor de ajuste de la regresión entre el contenido de proteína y aceite (%) de soja de 1° ocupación, según subzonas

SUBZONA	ECUACIÓN DE LA RECTA(%)	R ²
III - B	$y = -1,2 x + 62,8$	0,39
III - F	$y = -1,2 x + 61,9$	0,52
IV - C	$y = -1,3 x + 64,4$	0,52
IV - D	$y = -1,2 x + 62,6$	0,56

* Se presenta solo para las subzonas en las que $n > a 20$

Discusión

Se han analizado los datos considerando todo el conjunto de muestras y también diferenciando según origen (RECSO y PRODUCTOR), lo que permitió un mejor análisis y está de acuerdo con lo propuesto por Bosaz *et al* (2019).

Variaciones en la localidad o fecha de siembra resultan en variaciones en parámetros como temperatura, nutrientes del suelo, radiación, humedad ambiental y edáfica que afectan el crecimiento del cultivo de soja y resulta en diferente composición del grano. Según Cuniberti (2018), Assefa *et al* (2018 y 2019) y Ryabukha *et al* (2022), el ambiente es el factor dominante que representó más del 70% de la variación tanto en la composición de semillas (proteína y aceite) como en el rendimiento. Como ya se comentara, se entiende por ambiente tanto a la ubicación geográfica como a la fecha de siembra y prácticas de manejo (uso de inoculante, fungicida, fertilización, cultivo antecesor, siembra directa o convencional, etc.).

Mourtzinis *et al* (2017) concluyen que tanto proteína como aceite fueron afectados principalmente por fecha de siembra (ambiente) y luego por grupo de madurez (genética). En el mismo sentido, Ryabukha *et al* (2022) y Ojo *et al* (2002) encuentran como los factores que más influyen en el contenido de proteína tanto al clima y como al ambiente, factores que no influirían tan marcadamente en el contenido de aceite. Ya referido a contenido de proteína y de acuerdo a los autores anteriores, Sarcevic *et al* (2022) encuentran que el 73,3 % de la variación fue explicada por el ambiente, lo que indicaría que ésta componente es más sensible a cambios ambientales, en comparación al contenido de aceite. También Cuniberti (2018), establece que las variaciones en la concentración de proteína se deben principalmente a variaciones en el ambiente (57%) y sólo el 13% a la genética. Por el contrario, en este trabajo, los factores que definen el ambiente, como localidad y fecha de siembra, aportan a la variabilidad total el 26% (para contenido de proteína) y 30% (para contenido de aceite). Por su parte el efecto de la genética (variedad), aporta el 32% y 34% a la variabilidad total para contenido de proteína y aceite, respectivamente.

Referido a la distribución espacial del contenido de proteína, Hurburgh (1994) y Assefa *et al* (2018) para EEUU citan un gradiente de incremento en el contenido de proteína de norte a sur. A nivel local, Bosaz *et al* (2019) y también Maestri *et al* (1998), en zona núcleo encontraron un gradiente norte-sur de mayor a menor contenido de proteína (39% y 35%, respectivamente). En este trabajo, también se encontró un gradiente de mayor a menor concentración de proteína, en una diagonal sentido SE-NO (38.4% - 35%). También se analizó el contenido de proteína en relación a las subzonas de producción en el conjunto de PRODUCTOR soja de 1° ocupación, por ser el de mayor cantidad de muestras y por ser en el conjunto en el que se encontraron diferencias, lo que coincide con Bosaz *et al* (2019) quienes encontraron una fuerte correlación espacial en proteína para soja de 1° pero no encontraron relación en soja de 2°.

Además, varios autores establecen una regresión significativa entre contenido de proteína en grano y altitud (Maestri *et al*, 1998; Matei *et al*, 2018), en este trabajo si bien se encontró una regresión significativa para soja de 1° del conjunto PRODUCTOR, la robustez de la misma fue baja.

Referido a fecha de siembra, tanto Cuniberti (2018) en ensayos conducidos en la región Pampeana norte (zona sudoeste y sur de Santa Fe, sudeste, sudoeste y noreste de Córdoba y norte de Buenos Aires), como Jarecki y Bobrecka-Jamro, 2021, quienes realizaron trabajos en Polonia (50°11'N, 21°29'E) mencionan que fechas de siembra tardías se relacionan positivamente con el contenido de proteína y en forma negativa con el de aceite. Por el contrario, Morris *et al* (2021) quienes realizaron evaluaciones entre los 35,2°N y los 36,4°N de latitud y Jaureguy *et al* (2013) en ensayos en Arkansas (34° N) encuentran una relación negativa entre el contenido de proteína y atrasos en la fecha de siembra. Respecto a contenido de aceite y fechas de siembra, al igual que lo encontrado en este trabajo, Hu y Pawel (2012) encuentran que el contenido de aceite en el grano de soja disminuye con atrasos en la fecha de siembra. Además, éstos autores establecen que tanto el aceite como la proteína son afectados por atrasos en la fecha de siembra, pero variaría con la localidad.

En este trabajo, considerando el conjunto de muestras PRODUCTOR, encontramos una reducción en el contenido de aceite y un aumento en el de proteína para la soja de 2da época (fechas de siembra más retrasadas), con respecto a la de 1era en - 0,9 y 0,5 puntos respectivamente para cada parámetro. Según lo encontrado en este trabajo y de acuerdo con lo documentado para la región Pampeana norte (Cuniberti, 2018), la fecha de siembra tiene efectos diferentes en el contenido de aceite y proteína según la zona geográfica de producción.

Para proteína, se observó que existe mayor variabilidad (CV%) en los valores mínimos para contenido de proteína en soja de 1° respecto a la de 2°, de forma inversa, la variabilidad es mayor en los valores máximos de proteína en soja de 2° respecto a la de 1°. Esto indicaría que para el contenido de proteína hay "pisos" y "techos" aún no explorados para sojas de primera y segunda ocupación, respectivamente. Dicho de otra forma, es más probable encontrar valores mínimos más bajos para contenido de proteína en soja de primera y máximos más altos en soja de segunda. La anterior afirmación está de acuerdo con De Felipe *et al* (2016) quienes proponen siembras tardías como estrategia para aumentar la concentración de proteína en grano de soja.

Referido a la variación por efecto genético, Cuniberti (2018), menciona que los GM más largos tienen mayor concentración de proteína y menor de aceite, esto coincide con lo presentado por Assefa *et al* (2018 y 2019) para GM de III a VII. Lo encontrado en este trabajo no coincide con los autores mencionados para el conjunto PRODUCTOR pero está de acuerdo con Morris *et al* (2021), lo que indica que más estudios relacionando al efecto del GM sobre parámetros de calidad son necesarios.

La relación entre contenido de proteína y rendimiento de granos, es contrapuesta en la bibliografía: hay autores que establecen que la correlación es negativa (de Felipe *et al*, 2016; Bosaz *et al*, 2019 y Ryabukha *et al*, 2022) mientras que otros mencionan una relación positiva Mourtzinis *et al*, 2017. En este trabajo se observó una relación significativa y positiva entre las variables para el conjunto RECSO (datos no mostrados) pero con una robustez baja mientras que, la relación proteína y rendimiento no es consistente para las muestras de PRODUCTOR. Esto coincide con los resultados encontrados previamente en el muestreo anterior (Carpaneto, B. 2022).

La relación entre contenido de proteína y aceite para los conjuntos analizados fue negativa lo que coincide con la bibliografía (Morris *et al*, 2021; Hurburgh, 1994; Ryabukha *et al*, 2022 y De Felipe *et al*, 2016). No obstante, y a pesar que es una relación conocida, para el conjunto PRODUCTOR se observa que la calidad del ajuste (R²) difiere según fecha de siembra, siendo más robusta la relación para soja de 1° que para soja de 2°. Esto indicaría, y como ha sido mencionado también por otros autores (Ho and Powel, 2012) que la relación entre las variables difiere con la fecha de

siembra (manejo-ambiente). A su vez, para un mismo momento de ocupación, el ajuste difiere entre subzonas, por tanto, la relación también cambia con la zona de producción.

Consideración final

Teniendo en cuenta las variedades usadas por los productores, se presenta el contenido de proteína y el rendimiento según año de inscripción (fuente INASE). Se observa que, conforme se utilizan variedades más modernas, el contenido de proteína promedio disminuye mientras que el rendimiento aumenta (Gráfico 5). Del total de muestras de PRODUCTOR (261), un 37% correspondió a cultivares liberados en el año 2016 y solo un 24% a cultivares liberados en forma posterior a ese año, esto podría indicar un estancamiento en el uso de nuevas variedades, adopción de tecnología, por parte de los productores.

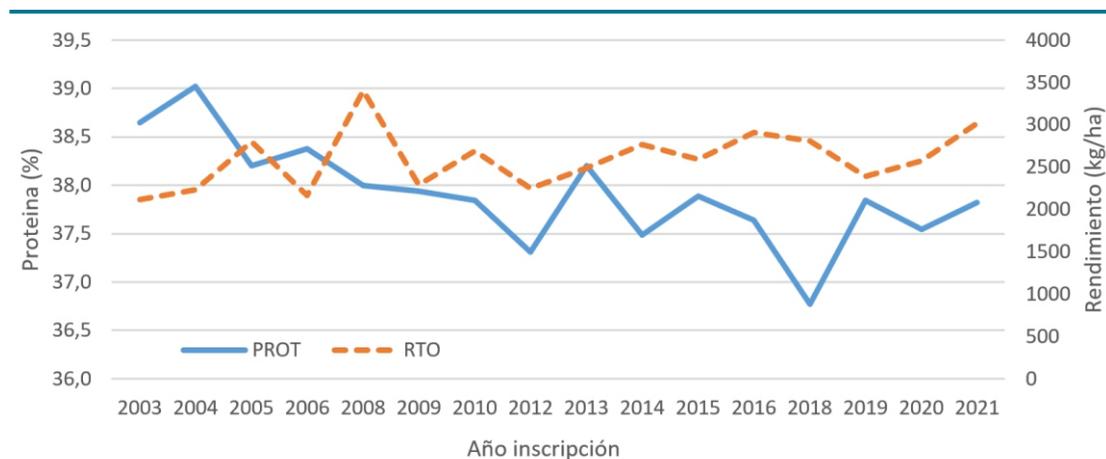


Gráfico 5

Concentración de proteína en base seca (%) y rendimiento (kg/ha), según año de inscripción en INASE de las variedades.

Conclusiones

La evidencia es suficiente para afirmar que la concentración de proteína y aceite de los granos de soja del SE de la provincia de Buenos Aires se asocian a las zonas agroecológicas de producción. Al existir esta asociación entre calidad del grano de soja y el ambiente en donde se genera, es posible diferenciar la producción según ambiente y **trabajar por una denominación de origen**.

Es probable encontrar mayores valores en el contenido de proteína de los granos de soja en siembras de segunda que en las de primera. Por otro lado, para siembras de primera, tanto el contenido de proteína como el de aceite varían según la fecha de siembra y GM utilizado.

Se analizó la relación entre variables climáticas y ambientales (espaciales) y si bien en algunos casos se encontraron regresiones significativas la robustez de las mismas fue débil. Entonces, si bien las variables analizadas influyen en el contenido de proteína de los granos de soja, lo harían en forma aditiva como componentes de un modelo más complejo.

Es de interés continuar con estos estudios a fin de poder determinar con mayor precisión el efecto del ambiente, identificando variables ambientales, sobre la calidad de los granos, identificar calidades relacionadas al origen productivo y diferenciar con potencial la producción local.

Bibliografía

- Alimentos Argentinos. [En línea]:
<http://www.alimentosargentinos.gov.ar/HomeAlimentos/IGeo/index.php>. Consulta mayo 2019.
- Assefa, Y.; Bajjalieh, N.; Archontoulis, S.; Casteel, S.; Davidson, D.; Kovács, P.; Naeve, S.; Ciampitti, I. 2018. Spatial Characterization of Soybean Yield and Quality (Amino Acids, Oil, and Protein) for United States. *Scientific Reports* 8:14653
- Assefa, Y.; Purcell, L.C.; Salmeron, M.; Naeve, S.; Casteel, S.N.; Kovács, P.; Archontoulis, S.; Licht, M.; Below, F.; Kandel, H.; Lindsey, L.; Gaska, J.; Conley, S.; Shapiro, C.; Orłowski, J.; Golden, B.; Kaur, G.; Singh, M.; Thelen, K.; Laurenz, R.; Davidson, D.; Ciampitti, I. 2019. Assessing Variation in US Soybean Seed Composition (Protein and Oil). *Frontiers in Plant Science*, Vol 10.
- Belmonte, M; Carrasco, N; Baez, A. 2006. Cosecha Gruesa. Soja. Maíz. Girasol. Manual de campo. Ediciones INTA. Estación Experimenta Agropecuaria Anguil, "Ing Agr G Covas", Anguil, La Pampa, Argentina, 106 p.
- Bosaz, L.; Gerde, L.; Borrás, P.; Cipriotti, L.; Ascheri, M.; Campos, S.; Gallo y Rotundo, J.L. 2019. Factores de manejo y ambiente que explican la variabilidad de la proteína en soja en la región central de Argentina
- Carpaneto, B. 2022. Informe. Diferenciación de parámetros de calidad de soja según zona agroecológica de producción. Disponible en:
<https://inta.gov.ar/documentos/diferenciacion-de-parametros-de-calidad-de-soja-segun-zona-agroecologica-de-produccion-noviembre-2021>
- Cuniberti, M.; Herrero, R. 2006. Factores ambientales y genéticos que influyen en el contenido de proteína de soja de la Argentina. [En línea]: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-factores_q_influyen_en_la_proteina_06.pdf
- Cuniberti, M.; Herrero, R.; Mir, L.; Berra, O.; Macagno, S. 2010. Calidad Industrial de la Soja en la Región Núcleo-Sojera. Cosecha 2009-10. [En línea]: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-calidad_soja_2010.pdf
- Cuniberti, M. 2018. Calidad de la soja argentina región núcleo sojera, 20 años de análisis de la calidad. Ediciones INTA, 346 p.
- Dardanelli, J. L.; Balzarini, M.; Martínez, M.J.; Cuniberti, M.; Resnik, S.; Ramunda, S.; Herrero, R.; Baigorri, H. 2016. Soybean Maturity Groups, Environments, and Their Interaction Define Mega-environments for Seed Composition in Argentina. *Crop Sci.* 46:1939–1947 (2006).
- de Felipe, M.; Gerde, J.; Rotundo, J. 2016. Soybean Genetic Gain in Maturity Groups III to V in Argentina from 1980 to 2015. *Crop science*, vol. 56: 3066-3077
- Herrero, R. 2013. Informe: Caída en la proteína de la soja en la Argentina. [En línea]:
<https://inta.gov.ar/documentos/caida-en-la-proteina-de-la-soja-en-la-argentina>
- Herrero, R.; Cuniberti, M.; Fuentes, F.; Conde, M.B.; Fernández, D.; Giménez, F. 2017. Calidad industrial de cultivares de soja de los grupos de madurez II-III corto al VII L-VIII en Argentina. Campaña 2015/16. SOJA Actualización 2017. [En línea]: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_actualizacion_soja_2017.pdf

- Hu, M; Pawel, W. 2012. Effect of Planting Date on Soybean Growth, Yield, and Grain Quality: Review. *Agronomy Journal*, 104 (3): 785 – 790.
- Hurburgh, C. 1994. Long Term Soybean Composition Patterns and Their Effect on Processing. *JAACS*, Vol. 71, no. 12
- Jarecki, W., Bobrecka-Jamro, D. 2021. Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Article in *Journal of Elementology*.
- Jaureguy, L.; Ledesma Rodriguez, F.; Zhang, L.; Chen, P.; Brye, K.; Oosterhuis, D.; Mauromoustakos, A.; Clark, J. 2013. Planting Date and Delayed Harvest Effects on Soybean Seed Composition. *Crop science*, vol. 53: 2162-2175
- Maestri, D.; Labuckas, D.; Meriles, J.; Lamarque, A.; zygadlo, J.; Guzmá, C. 1998. Seed Composition of Soybean Cultivars Evaluated in Defferent Environmental Regions. *J Sci Food Agric* 1998, 77, 494-498.
- Mir, L.; Herrero, R.; Chialvo, E.; Berra, O.; Pronotti, M.; Mansilla, G.; Macagno, S. 2018. Productividad y calidad de la soja en la zona núcleo-sojera. Campaña 2018/19. [En línea]: <https://inta.gob.ar/documentos/productividad-y-calidad-de-la-soja-en-la-zona-nucleo-sojera-campana-2018-19>
- Morris, T.C.; Vann, R.A.; Collins, G.D.; Heitman, J.; Kulesza, S.B. 2021. Planting date and maturity group impact on soybean seed quality in the southeastern United States. *Agronomy Journal*, 2021;1–15.
- Mourtzinis, S.; Gaspar, A.; Naeve, S.; Conley, S. 2017. Planting Date, Maturity, and Temperature Effects on Soybean Seed Yield and Composition. *Agronomy Journal*, 109 (5).
- Nabeel, H; Al-Hamadani, H.; y Zhmurko, V. 2020. INFLUENCE OF DIFFERENT PHOTOPERIODIC CONDITIONS ON THE PROTEIN AND OIL CONTENT IN SOYBEAN SEEDS (*GLYCINE MAX* (L.) MERR.). *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»* №1(22)2020 10.
- Ojo, D.; Adebii, M.; Tijani, B. Influence of environment on protein and oil contest of soybeans seed (*Glycine Max* (L. Merril). 2002. *Global Journal of Agricultural Science*, 1 (1) 27-32.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [en línea]: <http://www.Rproject.org/>. [consulta marzo 2022]. R versión 4.1.3
- Rotundo J., Miller-Garvin, J., Naeve, S. 2016. Regional and temporal variation in soybean seed protein and oil across the United States. *Crop Science*, Vol 56: 797-808.
- Ryabukha, S.; Chernyshenko, P.; Bezuglyi, I.; Kobzyeva, L.; Kolomatska, V.; Golokhorynska, M. 2022. Селекція і насінництво. 2022. Випуск 121. ISSN 1026-9959.
- Šarcević, H.; Iljkić, D.; Andrijanić, Z.; Sudaric, A.; Gunjaca, J.; Varnica, I.; Rastija, M.; Godena, S.; Maricević, M.; Stepinac, D.; Pejić, I. 2022. Stability of Protein and Oil Content in Soybean across Dry and Normal Environments—A Case Study in Croatia. *Agronomy* 2022, 12, 915.

Anexo

Profesionales del área de extensión que participaron en la recolección de muestras:

Ing. Agr. Lía Oyesqui - AER Olavarría
Ing. Agr. Kevin Leaden - AER Laprida
Ing. Agr. Verónica Iriarte - AER La Madrid
Ing. Agr. Ulises Loizaga - AER Balcarce
Lic. Erica Ávila Echeveste - AER Otamendi
Ing. Agr. Mauro Ruiz Polizzi - AER Mar del Plata
Ing. Agr. Luis Lanzavecchia - AER Necochea
Ing. Agr. Ignacio Besteiro - AER Lobería
Med. Vet. Beatriz Pascal - AER Lobería
Ing. Agr. María Inés Bianchi - AER Benito Juárez
Ing. Agr. Marcelo López de Sabando - AER Tandil
Ing. Agr. Maximiliano Eiza - EEA Balcarce
Ing. Agr. Hernán Pannagio - EEA Balcarce
Ing. Agr. Jimena Berriolo - CEI Barrow
Ing. Agr. Juan Pablo Némoz - AER Azul
Ing. Agr. Marcelo Braco - AER Ayacucho
Ing. Agr. Gonzalo Pérez - AER Bolívar
Ing. Agr. Federico Guzmán - AER Gral. Madariaga

Coordinación de la línea

INTA: Lic. Marina Montoya; Ing. Agr. Facundo Quiroz; Ing. Agr. Juan María Erreguerena; Ing. Agr. Luis Lanzavecchia e Ing. Agr. Bárbara Carpaneto (responsable).

FCA - CONICET: Ing. Agr. Natalia Izquierdo.

CABC: Ing. Agr. Daniel Boldrini; Sr. Gabriel Gavarrino; Ing. Agr. Raúl González Belo e Ing. Agr. Gonzalo Santirso.

