

Tesis de Maestría

Estimación de parámetros bioquímicos y fenotípicos, e influencia del ambiente a fin de relacionarlos con la calidad diferencial de la semilla de soja para la optimización de estrategias productivas

Reynoso, Cora Marcela

2010

Tesis presentada para obtener el grado de Magíster de la Universidad de Buenos Aires en Bromatología y Tecnología de la Industrialización de los Alimentos de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Master's and Doctoral Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Reynoso, Cora Marcela. (2010). Estimación de parámetros bioquímicos y fenotípicos, e influencia del ambiente a fin de relacionarlos con la calidad diferencial de la semilla de soja para la optimización de estrategias productivas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n4711_Reynoso

Cita tipo Chicago:

Reynoso, Cora Marcela. "Estimación de parámetros bioquímicos y fenotípicos, e influencia del ambiente a fin de relacionarlos con la calidad diferencial de la semilla de soja para la optimización de estrategias productivas". Tesis de Magíster. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2010. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n4711_Reynoso

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

BIBLIOTECA CENTRAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES / UBA



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

**ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS Y FENOTÍPICOS, E
INFLUENCIA DEL AMBIENTE A FIN DE RELACIONARLOS CON LA
CALIDAD DIFERENCIAL DE LA SEMILLA DE SOJA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE ESTRATEGIAS PRODUCTIVAS**

Tesis presentada para optar al título de
Magíster en Bromatología y Tecnología de la Industrialización de los Alimentos
de la Universidad de Buenos Aires

Lic. Cora Marcela Reynoso

Director de tesis:
Dra. Silvia Liliana Resnik

Lugar de trabajo:
Departamento de Industrias y Departamento de Química Orgánica
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Buenos Aires

800041

Buenos Aires, 2010

Agradecimientos

- A la Dra. Silvia Resnik, directora de esta tesis, por brindarme la oportunidad de trabajar en su equipo, por su constante apoyo, su valiosa guía y dedicación en la elaboración de la misma.
- A Gustavo Funes, por su ayuda en el manejo del HPLC, por aceptarme como compañera de trabajo, y por las charlas compartidas.
- A la Dra. Elena Martínez por su invaluable aporte en el análisis estadístico de los datos y sobre todo por su calidez y paciencia.
- A la Dra. María José Martínez por proveer las muestras para la determinación de aminoácidos, así como los datos de proteína y aceite.
- Al Magister Ing. Agr. Julio Dardanelli y a la Ing. Agr. Constanza Carrera, por su predisposición e inestimable colaboración en el análisis de los factores meteorológicos.
- A Augusto Puppo por su paciente ayuda para la medición de color y peso de semilla sin la cual no hubiese contado con la cantidad de datos incluidos en esta tesis.
- Al apoyo financiero brindado, sin el cual no hubiera sido posible realizar esta investigación, provenientes de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica a través del proyecto PICT 2007 N° 02237, de la Universidad de Buenos Aires, en el marco del proyecto UBA X819 y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, con su proyecto INTA BID 1201/OC-AR PICTO 08-12949.
- Al resto del equipo de trabajo Paula y Lucas por su buena disposición, compañerismo y los gratos momentos compartidos.
- A los compañeros y amigos que conocí durante la maestría, con los cuales compartí las materias cursadas y que me brindaron su cariño.
- A mi esposo que me acompañó y apoyó a realizar esta maestría.
- A mis hijos que con gran cariño me ayudaron y me alentaron.

*A Jorge, Paula, Marcelo,
Andrés y a mis padres*

Estimación de parámetros bioquímicos y fenotípicos, e influencia del ambiente a fin de relacionarlos con la calidad diferencial de la semilla de soja para la optimización de estrategias productivas

Por la importancia que ha adquirido el cultivo de soja en la Argentina, el objetivo general de esta tesis fue evaluar las características fenotípicas y bioquímicas y la influencia del ambiente sobre las distintas variedades sembradas en el país para poder seleccionar genotipos y regiones en las cuales este cultivo presente mejor desempeño para poder mejorar su calidad y competitividad, así como implementar estrategias productivas que redunden en productos de mayor valor agregado, como tofu y brotes de soja.

Se determinó que existen genotipos cuyo comportamiento en cuanto a peso de semilla es independiente de la localidad donde fue sembrada y a fechas de siembra más avanzadas producen semillas de mayor peso. Se pudieron establecer cuatro grupos de cultivares de acuerdo al peso.

Al analizar el color se observó que existía un número más importante de variedades, que lo observado para peso, donde el comportamiento del color (más claro o más oscuro) era independiente de la localidad donde fue cosechada.

El análisis de color permitió establecer grupos mas claros, donde se encontraban las variedades sembradas habitualmente en Argentina y grupos mas oscuros donde aparecían los germoplasmas exóticos introducidos con el fin de mejorar características específicas de las variedades existentes.

Luego de la puesta a punto y validación de la metodología analítica se pudo establecer un perfil de aminoácidos de variedades comerciales y exóticas observándose que tanto las concentraciones de aminoácidos así como de proteínas se habían incrementado respecto a la década anterior. También se evidenció la importancia de las variables climáticas sobre el contenido de los aminoácidos, observándose que en la mayoría de los casos la concentración de aminoácidos dependía de la temperatura durante el llenado de los granos, de la disponibilidad hídrica y en ciertos casos de ambos factores en forma lineal o cuadrática dependiendo del aminoácido en cuestión.

Se observaron relaciones lineales entre varios aminoácidos y en todos los casos entre los aminoácidos esenciales y no esenciales.

Los resultados obtenidos permitieron establecer las variedades más promisorias en cuanto a peso, color y contenido de aminoácidos para la elaboración de tofu. Las variedades de mayor peso, color más claro y alto porcentaje de aminoácidos a saber fueron DM3100, DM4600, DM4800 sembradas en Bellocq y DM4800 sembrada en Daireaux. Para la producción de brotes de soja se escogieron aquellos cultivares que presentaron menor peso de semilla A3901, A4303 sembrados en Manfredi y A5409 en Concepción del Uruguay.

Palabras claves: soja, tofu, brotes de soja, peso, color, aminoácidos, HPLC.

Estimation of biochemist and phenotypic parameters and environmental influence in relation to the quality difference of soybean, to optimize productive strategies

Due to the importance that soy crop has achieved in Argentina, the aim of this thesis was to assess the biochemist and phenotypic parameters and environmental influence of the different cultivars sown in our country, in order to select those genotypes and locations in which this cultivation presents its best development to improve their quality and competitiveness as well as to optimize productive strategies that will turn out in high value-added products, such as tofu and bean sprouts.

It was determined that the seed weight of some genotypes was independent of the location where they were sown and that late planting dates produce heavier seeds. It was possible to establish four groups of cultivars according to weight.

Through the colour analysis, it was observed that there were a larger number of genotypes, more than it was observed for weight, where the color behavior (lighter or darker) was independent of harvested location.

The color analysis allowed establishing clearer groups, where the common genotypes sowed in Argentina were found, and darker groups, where the exotic cultivars were planted. These genotypes were introduced to enhance specific characteristics of the existing varieties.

After the development and validation of the amino acid methodology, it was possible to establish an amino acid profile of the commercial and exotic cultivars. It was observed that both amino acid and protein contents had increased in relation to the previous decade. It was also demonstrated the importance of the environmental variables on the amino acid content, showing that in most of the cases the amino acid concentrations depended on the temperature during grain filling, the hydric stress and sometimes both factors in linear or quadratic way, depending on the amino acid.

It was also observed linear relationships between several amino acids but always between essential and no essential amino acids.

The obtained results allowed finding the most suitable genotypes, in terms of weight, color and amino acid content for tofu production. DM3100, DM4600 and DM4800, sown in Bellocq and DM4800 sown in Daireaux presented the heavier weight, the lighter color and the higher amino acid profile.

A3901 and A4303, sown in Manfredi and A5409 sown in Concepción del Uruguay showed the lower seed weight and they were suitable for bean sprouts.

Key words: soybean, tofu, bean sprouts, weight, color, amino acids, HPLC.

INDICE

I. OBJETIVOS.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
II.1. Soja: Generalidades.....	2
II.2. Importancia de los productos que contienen proteína de soja.....	3
II.3. Producción y comercio de soja.....	5
II.3.1. Breve reseña histórica y situación mundial.....	5
II.3.2. El cultivo de soja en Argentina.....	10
II.4. Morfología y etapas de desarrollo de la planta de soja.....	16
II.5. La semilla de soja.....	20
II.5.1. Morfología y formación de la semilla.....	20
II.5.2. Características físicas o fenotípicas de la semilla.....	22
II.5.2.1. Peso y Tamaño de la semilla.....	23
II.5.2.2. Color de la semilla.....	26
II.5.3. Composición química del grano de soja.....	30
II.5.3.1. Proteína de soja.....	32
II.5.3.2. Composición de aminoácidos.....	36
II.5.3.3. Aceite.....	44
II.5.3.4. Carbohidratos y oligosacáridos.....	49
II.5.3.5. Vitaminas y minerales.....	50
II.5.3.6. Otros componentes.....	51
II.6. La semilla y su relación con el medio ambiente.....	52
II.6.1. Aspectos agroecológicos del cultivo de la soja.....	52
II.6.2. Influencia del ambiente en la composición de la semilla.....	55
II.7. Calidad de la proteína de soja y su relación con la nutrición.....	63
II.7.1. Introducción.....	63
II.7.2. Efectos del procesamiento y la germinación sobre la calidad tecnológica y nutricional.....	68
II.7.3. Requerimiento de aminoácidos.....	70
II.8. Alimentos tradicionales.....	73
II.8.1. Brotes de Soja.....	73

II.8.2. Harina de soja.....	74
II.8.3. Leche de Soja.....	75
II.8.4. Aceite de Soja.....	76
II.8.5. Semillas de soja.....	77
II.9. Alimentos elaborados con granos de soja.....	78
II.9.1. Tofu.....	78
II.9.2. Salsa de soja.....	80
II.9.3. Miso.....	81
II.9.4. Otros.....	82
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	85
III.1. Determinación del peso.....	85
III.2. Determinación de color.....	87
III.3. Determinación de aminoácidos.....	87
III.3.1. Muestras.....	87
III.3.2. Drogas, reactivos y solventes para el análisis de aminoácidos.....	88
III.3.3. Tratamiento de las muestras.....	90
III.3.3.3.1. Hidrólisis ácida.....	90
III.3.3.3.2. Oxidación per fórmica seguida de hidrólisis.....	92
III.3.3.3.3. Hidrólisis alcalina.....	92
III.3.3.4. Cromatógrafo.....	94
III.3.5. Cromatografía.....	95
III.3.5.1. Procedimiento de derivatización, fase móvil y gradiente de elución..	95
III.4. Análisis estadístico.....	96
III.4.1. Cálculo del número de sub-muestras por muestra para la medición de peso.....	96
III.4.2. Análisis del comportamiento del peso de la semilla de soja.....	96
III.4.3. Análisis estadístico de color.....	97
III.4.3.1. Cálculo del número de sub-muestras por muestra para la medición de color.....	97
III.4.3.2. Análisis del comportamiento del color de la semilla de soja.....	98
III.4.3.3. Análisis estadístico de la relación del clima con el contenido de aminoácidos en el germoplasma de soja.....	98
III.4.3.4. Análisis estadístico de la relación del contenido de aminoácidos en el germoplasma de soja.....	98
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	99
IV.1. Peso de la semilla de soja.....	99

IV.1.1. Peso de semilla de los genotipos sembrados en cada localidad.....	100
IV.1.1.a. Alvear.....	100
IV.1.1.b. América.....	103
IV.1.1.c. Bellocq.....	104
IV.1.1.d. Concepción del Uruguay.....	105
IV.1.1.e. Daireaux.....	106
IV.1.1.f. General Pico.....	107
IV.1.1.g. La Banda del Río Salí.....	108
IV.1.1.h. Las Breñas.....	110
IV.1.1.i. Manfredi.....	110
IV.1.1.j. Marcos Juárez.....	111
IV.1.2. Peso de semilla de cada genotipo en distintas localidades.....	113
IV.1.2.a. Cultivar DM4270.....	113
IV.1.2.b. Cultivar DM4970.....	114
IV.1.2.c. Cultivar EXP 0529.....	114
IV.1.2.d. Cultivar DM3500.....	115
IV.1.2.e. Cultivar DM3700.....	116
IV.1.2.f. Cultivar DM3970.....	116
IV.1.2.g. Cultivar DM4200.....	117
IV.1.2.h. Cultivar Nidera4209.....	117
IV.1.2.i. Cultivar DM4670.....	118
IV.1.2.j. Cultivar DM4870.....	119
IV.1.2.k. Cultivar Nidera4613.....	119
IV.1.2.l. Cultivar EXP 0573.....	120
IV.1.2.m. Cultivar DM4600.....	120
IV.1.2.n. Cultivar DM5.2i.....	121
IV.1.2.ñ. Cultivar DM4800.....	122
IV.1.2.o. Cultivar DM3100.....	123
IV.1.2.p. Cultivar A4303.....	124
IV.1.2.q. Cultivar A3901.....	125
IV.1.2.r. Cultivar A5409.....	125
IV.1.2.s. Cultivar A4910.....	126
IV.1.2.t. Cultivar A6411.....	127
IV.1.2.u. Cultivar A7636.....	128
IV.1.2.v. Cultivar A8000.....	129
IV.1.2.w. Cultivar A9000.....	129
IV.1.2.x. Cultivar AW4500.....	130
IV.1.2.y. Cultivar AW2886.....	131

IV.1.3. Influencia de la fecha de siembra sobre el peso de la semilla.....	135
IV.1.3.1. Bellocq.....	136
IV.1.3.1.a. Cultivar A4303.....	136
IV.1.3.1.b. Cultivar DM4800.....	137
IV.1.3.1.c. Cultivar DM4600.....	138
IV.1.3.1.d. Cultivar A3901.....	138
IV.1.3.1.e. Cultivar DM3100.....	139
IV.1.3.1.f. Cultivar AW2886.....	140
IV.1.3.2. Daireaux.....	141
IV.1.3.3. Otras localidades.....	141
IV.1.4. Grupos de cultivares de peso similar.....	143
IV.2. Color de la semilla de soja.....	147
IV.2.1. Grupos de cultivares de color similar.....	148
IV.3. Aminoácidos de la semilla de soja.....	154
IV.3.1. Contenido de aminoácidos en la semilla de soja.....	155
IV.3.2. Incidencia de los factores climáticos en el contenido de aminoácidos..	158
IV.3.3. Relación entre las concentraciones de aminoácidos presentes en la semilla de soja.....	160
IV.3.4.a. Cultivar A8000.....	161
IV.3.4.b. Cultivar A6445.....	165
IV.3.4.c. Cultivar DM4800.....	168
IV.3.4.d. Relaciones en el conjunto de variedades.....	172
V. CONCLUSIONES.....	176
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	179
VII. ANEXO.....	180



Objetivos

Ítem 1

I. OBJETIVOS

La soja es un cultivo que ha incrementando su importancia en Argentina tanto desde el punto de vista comercial, como nutricional, convirtiéndose en el principal producto de la agricultura nacional. No se cuenta en Argentina con datos suficientes sobre las características fenotípicas y bioquímicas del germoplasma sembrado, por lo que el objetivo general de esta tesis es evaluar los principales parámetros para mejorar la calidad y competitividad en la comercialización de la soja, así como establecer las variedades con mejores propiedades para el desarrollo de alimentos con valor agregado como tofu y brotes de soja.

Los objetivos específicos son:

- ❖ Determinar el peso de la semilla de las variedades de soja y analizar la influencia de la variedad y la localidad.
- ❖ Determinar la influencia de la fecha de siembra en el peso de semilla.
- ❖ Establecer grupos de cultivares de peso similar.
- ❖ Determinar y caracterizar el color de las variedades de soja.
- ❖ Agrupar los genotipos por color similar.
- ❖ Desarrollar y poner a punto metodología analítica para la determinación de aminoácidos.
- ❖ Determinar el perfil de aminoácidos de variedades comerciales argentinas y exóticas para identificar su calidad diferencial.
- ❖ Analizar la incidencia de los factores meteorológicos en el contenido de aminoácidos.
- ❖ Analizar la relación entre las concentraciones de aminoácidos de las variedades de soja.



Introducción

Ítem II

II INTRODUCCIÓN

II. 1. Soja: Generalidades

La soja, *Glycine max* (L.) Merrill, es una planta herbácea de origen asiático que pertenece a la familia de las Leguminosae. Es nativa del norte de Asia (Manchuria) y ha sido cultivada en dicha región desde el siglo VI A.C. Era considerada uno de los cinco granos sagrados junto con el arroz, el trigo, la cebada y el mijo (Hymowitz y Shurtleff, 2005). Desde allí se expandió hacia el sur de China, y luego a Corea, Japón, el Sudeste Asiático y la India hace 1100 años. Allí se fueron modificando y creando nuevos tipos de comidas incorporando esta semilla (Burton, 1997; Ruiz Sainz y col., 2005). La soja también llamada el cultivo milagroso es la mayor fuente vegetal de proteína y aceite. En el mundo occidental su introducción ha sido más reciente y con características diferentes. En efecto, este alimento ha sido adoptado a partir del conocimiento y la difusión de sus propiedades nutritivas y sus potenciales efectos positivos sobre la salud. Esto es particularmente cierto en los E.E.U.U. donde el consumo de alimentos elaborados con soja ha crecido en los últimos años en forma llamativa especialmente en el segmento de la población más preocupado por la prevención y la alimentación saludable. Otro aspecto diferente de la utilización de esta leguminosa con fines nutricionales son las intervenciones que se han llevado a cabo como parte de programas internacionales en países como Afganistán (en panes tradicionales de harina de trigo enriquecida con soja), Costa de Marfil, Mozambique, India, Guatemala y otros. Los estudios de seguimiento y evaluación de estos programas muestran el valor de la incorporación de proteínas de soja a otros alimentos tradicionales y el aporte que estos programas pueden contribuir a la reducción de la desnutrición infantil (WISHH, 2008).

En nuestro país, por el contrario, no es tradicional el consumo de legumbres en general, y de soja en particular, dado que las principales fuentes de proteínas han sido históricamente de origen animal. La introducción del cultivo de soja en Argentina hace más de 30 años, si bien fue acompañada de iniciativas de difusión de sus propiedades alimenticias, tuvo grados de aceptación variables. A pesar que la incorporación cotidiana de la soja en la dieta no está muy difundida entre nosotros y

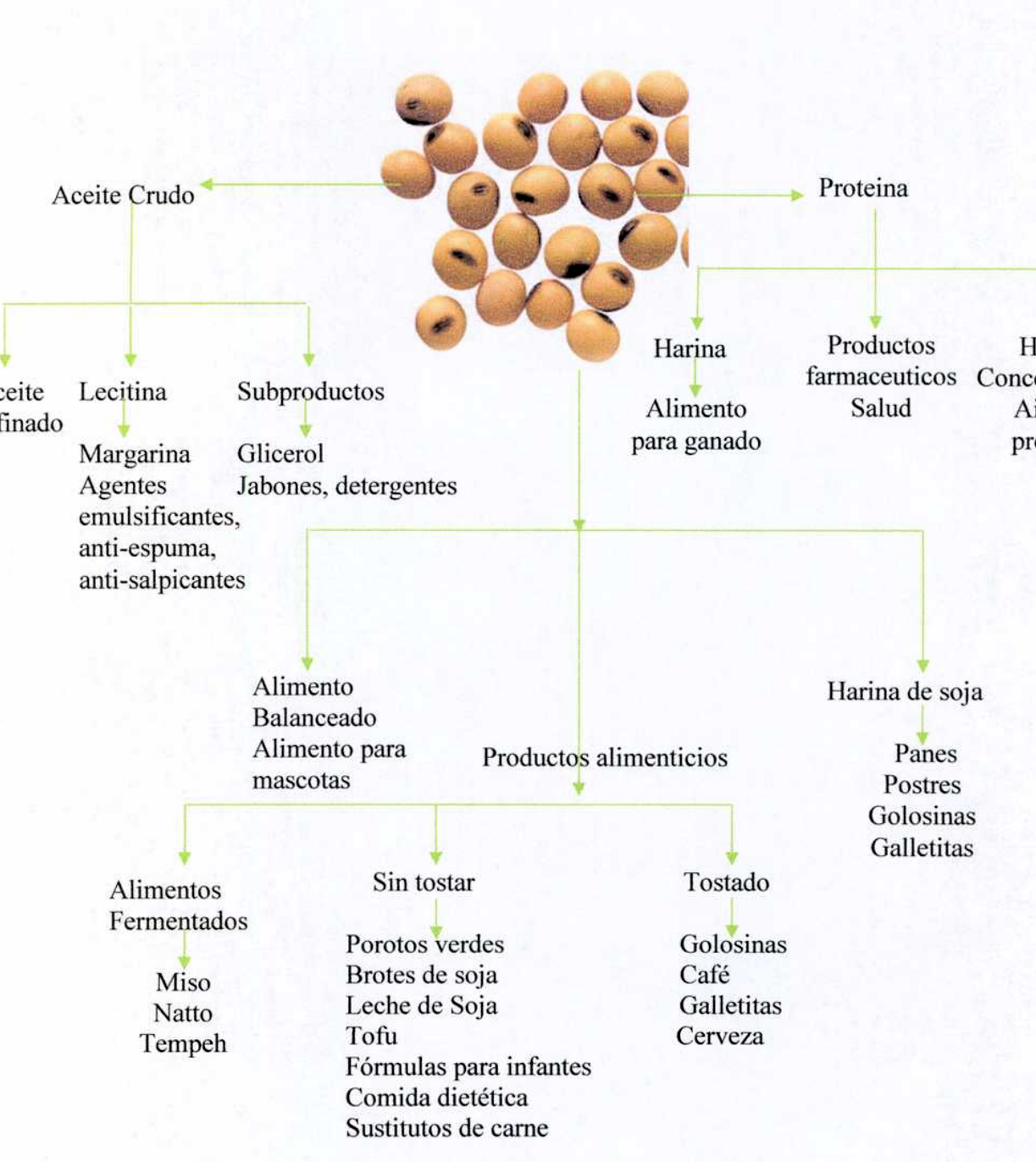
la oferta de productos alimenticios elaborados con esta leguminosa no es comparable a la encontrada en otros países, se ha comenzado a difundir debido a la utilización de soja en programas de asistencia nutricional por la crítica situación económica que atraviesa nuestro país en los últimos años (Rubinstein, 2004).

Dada la importancia del cultivo de soja en la Argentina, se procedió a realizar una extensiva búsqueda bibliográfica sobre el tema. Es de destacar que en la última década es muy poco lo publicado sobre el tema, con excepción de bibliografía relacionada con productos elaborados con soja. Es probable que la mayoría de las investigaciones no deben estar publicadas por tener valor comercial, especialmente por los productores de semilla.

II.2. Importancia de los productos que contienen proteína de soja

Actualmente la soja es considerada una poderosa fuente de nutrientes, no solo por su cantidad, sino por su calidad. Su aplicación es muy amplia (Figura II.2.a), utilizándose en alimentos para consumo humano, en la preparación de balanceados para animales y en numerosas aplicaciones en el campo industrial. Cada año alrededor del 85% de la soja mundial es procesada para la obtención de aceite vegetal y la harina resultante es utilizada principalmente como alimento balanceado. Aproximadamente el 10% se emplea para la alimentación humana y el 5% restante como semilla o directamente el grano para alimento para ganado. Entre los productos elaborados a partir del poroto de soja se puede mencionar leche de soja, tofu, natto, miso; por otra parte entre un 4 y 5% de la harina de soja producida por prensado, en la extracción del aceite, es posteriormente procesada para obtener proteína de soja que es incorporada a diversos alimentos como productos cárnicos, fórmulas infantiles, barras de cereal o como sustituto de productos lácteos o cárnicos para vegetarianos o suplementos nutricionales (Brown, 2006a; Liu, 2004).

En Asia el gran consumo de soja se debe a su larga tradición, tanto culinaria como de hábitos alimenticios. En cambio en occidente el consumo de soja es un nuevo fenómeno que cobra mayor importancia y aceptación. Continuamente se están desarrollando nuevos alimentos elaborados a partir de soja y su consumo se incrementa debido a la difusión de sus efectos benéficos para la salud. Estos efectos



Estudios realizados en ratas evidencian la presencia de factores como el inhibidor Bowman-Birk presente en esta legumbre, que podría inhibir el desarrollo de tumores. Este factor sería capaz de bloquear la formación de especies activas de

oxígeno que inhiben el desarrollo del tumor y previene la proteólisis, privando así a las células cancerosas de aminoácidos necesarios para su crecimiento (Friedman y Brandon, 2001; Troll y col., 1986).

Los productos que contienen proteína de soja son usados como ingredientes nutritivos y funcionales en distintos alimentos. Se necesita producir suficiente cantidad de cereales para satisfacer los requerimientos alimenticios en el mundo y la suplementación proteica de los cereales resulta un objetivo interesante, ya que éstos presentan un bajo contenido proteico y un desbalance en su composición de aminoácidos esenciales, resultando insuficientes para el adecuado crecimiento de infantes y niños o para dietas de mantenimiento en adultos. Los productos elaborados con proteína de soja son una fuente ideal de algunos aminoácidos esenciales que pueden complementar los cereales. Por otra parte, desde el punto de vista económico el bajo costo de las proteínas de origen vegetal ha hecho que se incorporen en la formulación de alimentos. La proteína de soja no solo presenta ventajas desde lo económico sobre aquellas de origen animal sino desde lo funcional ya que los productos que las contienen mejoran sus propiedades emulsificantes, ligantes y de textura (Endres, 2001a).

II.3. Producción y comercio de la soja

II.3.1. Breve reseña histórica y situación mundial

Hace 2500 años el uso de la soja se extendió desde China por el continente asiático y cada región desarrolló sus propias comidas en base a la tradición, clima y preferencias locales.

La soja fue introducida en Europa en 1712 por el botánico alemán Kaempfer y fue exhibida en el Jardín Botánico de París en 1739 y en el “British Royal Botanic Gardens” en 1790. En 1804 los Estados Unidos de America (EE.UU.) comienzan a cultivarla como un grano destinado para forraje, pero no es hasta principios de siglo XX en que se lo hace en forma oficial a gran escala (Ruiz Sainz y col., 2005).

Hasta 1954 China lideró el mercado mundial de soja, desde entonces EE.UU. se convirtió en el primer productor y exportador mundial. Desde los años cincuenta la soja es uno de los más importantes "commodities" en el mundo (Liu, 2004) y su producción se ha venido incrementando año tras año como se observa en la **Figura II.3.1.a** (Villamil, 2008).

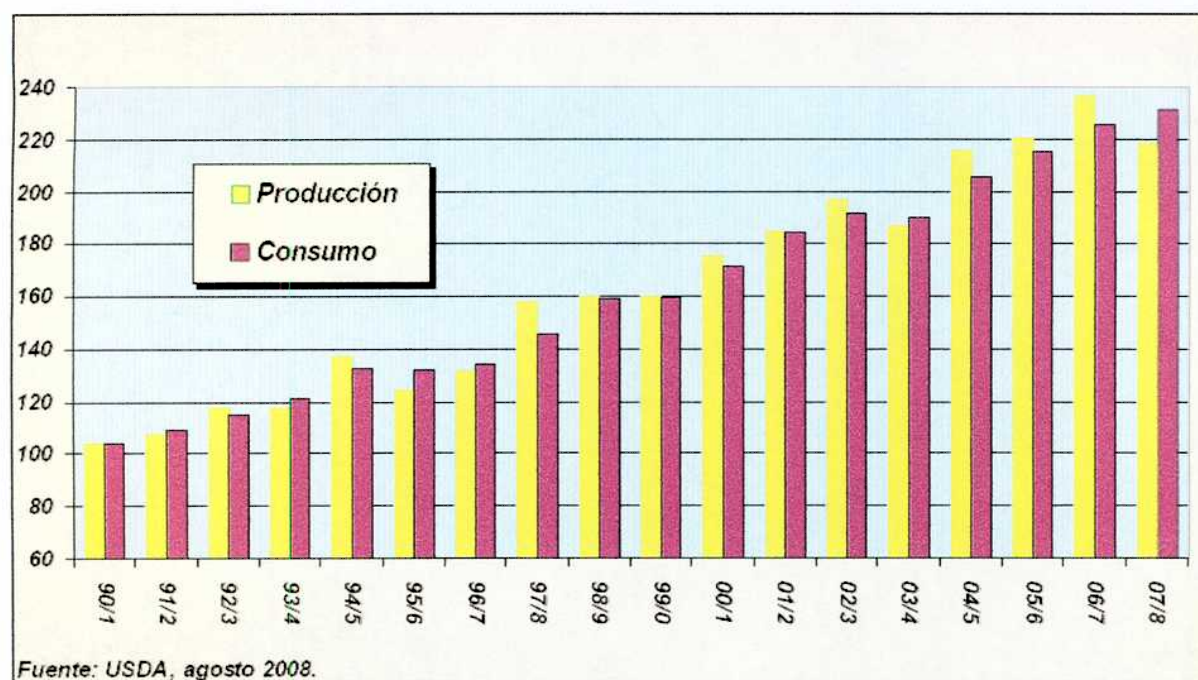


Figura II.3.1.a Evolución de la producción y consumo mundial de soja en millones de toneladas métricas (Villamil, 2008)

Hacia el año 2007 la producción mundial (**Figura II.3.1.b**) se ha incrementado enormemente siendo esta de aproximadamente 220 millones de toneladas (USDA, 2009b).

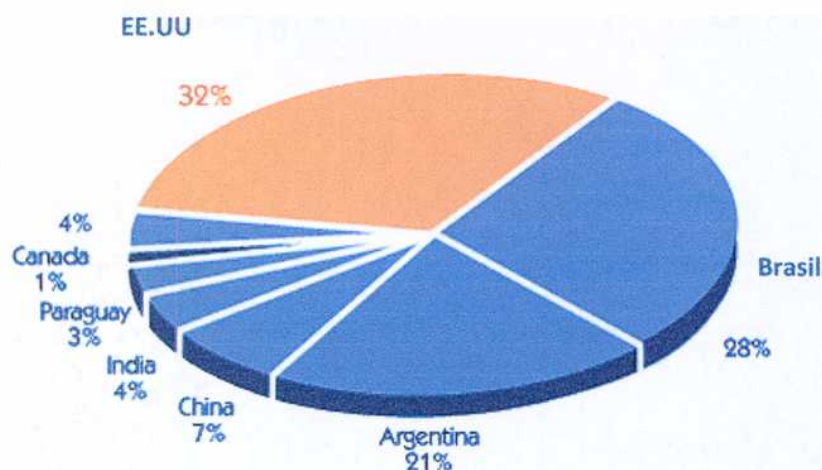


Figura II.3.1.b Producción anual de soja mundial 2007 (USDA, 2008b)

En la **Tabla II.3.1.a** se puede observar la producción mundial de soja, así como su distribución según los países productores.

Año	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	May 2009/10	Jun 2009/10
Producción						
EE.UU.	83,507	87,001	72,859	80,536	86,954	86,954
Brasil	57,000	59,000	61,000	57,000	60,000	60,000
Argentina	40,500	48,800	46,200	32,000	51,000	51,000
China	16,350	15,967	14,000	16,000	15,600	15,600
India	7,000	7,690	9,470	9,650	10,000	10,000
Paraguay	3,640	5,856	6,900	3,800	5,750	5,750
Canadá	3,161	3,460	2,700	3,300	3,400	3,400
Otros	9,512	9,337	8,048	8,625	9,018	8,968
Total	220,670	237,111	221,177	210,911	241,722	241,672

Tabla II.3.1.a Producción mundial de soja y su distribución en millones de toneladas métricas (USDA, 2009b)

Como se aprecia en la **Tabla II.3.1.b** los principales países exportadores son EE.UU., Brasil y Argentina que conjuntamente representan más del 90% de las exportaciones mundiales de soja, que incluyen alimentos a base de soja y su aceite.

Exportaciones						
Año	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	May 2009/10	Jun 2009/10
EE.UU.	25,579	30,386	31,598	34,020	34,292	34,292
Brasil	25,911	23,485	25,364	27,240	24,000	24,000
Argentina	7,249	9,559	13,837	5,400	9,400	9,400
Paraguay	2,380	4,361	5,400	2,300	3,970	3,970
Canadá	1,326	1,683	1,753	1,875	1,900	1,900
Otros	1,359	1,836	1,659	1,730	1,740	1,785
Total	63,804	71,310	79,611	72,565	75,302	75,347

Tabla II.3.1.b “Ranking” de los países exportadores de soja en millones de toneladas métricas (USDA, 2009b)

Según proyecciones realizadas durante 2008/9 Brasil podría convertirse en el principal exportador superando a EE.UU., mientras Argentina seguiría dominando las exportaciones mundiales de aceite de soja (USDA, 2008a; USDA, 2009a)

Como se observa en la **Tabla II.3.1.c**, a su vez China y la Unión Europea son los principales importadores.

Importaciones						
Año	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	May 2009/10	Jun 2009/10
China	28,317	28,726	37,816	38,800	38,100	38,100
EU-27	13,937	15,291	15,123	12,800	12,900	12,900
Japón	3,962	4,094	4,014	3,450	3,950	3,950
México	3,667	3,844	3,614	3,100	3,490	3,490
Taiwan	2,498	2,436	2,149	1,980	2,250	2,250
Tailandia	1,473	1,532	1,753	1,575	1,705	1,705
Indonesia	1,187	1,309	1,147	1,200	1,600	1,600
Turquía	1,078	1,268	1,277	950	1,280	1,280
Egipto	776	1,328	1,061	1,030	1,200	1,200
Corea del Sur	1,190	1,231	1,232	1,130	1,200	1,200
Otros	6,044	8,003	8,971	6,337	6,723	6,723
Total	64,129	69,062	78,157	72,352	74,398	74,398

Tabla II.3.1.c Mayores importadores de soja en millones de toneladas métricas. (USDA, 2009b)

Según las proyecciones realizadas hasta 2018, esta tendencia se reafirma, observándose en la **Figura II.3.1.c** un elevado incremento en el volumen que demandará el mercado chino (USDA, 2009a).

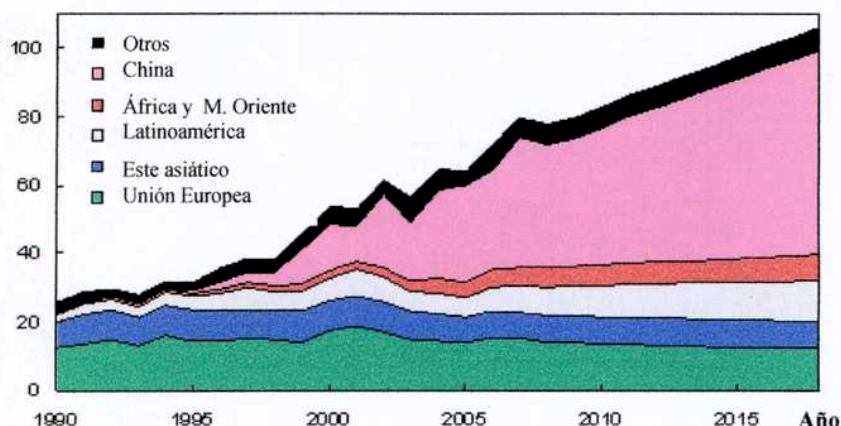


Figura II.3.1.c Proyección de las importaciones de soja en millones de toneladas métricas (USDA, 2009c)

A comienzos de los años 90, China importaba 130 mil toneladas, llegando en 2005 a importar cerca de 27 millones de toneladas. Esto se debió a que el gobierno chino adoptó medidas que consistían en incentivar la producción de cereales y ninguno para la producción de oleaginosas, lo que llevó a que se importara cada vez más semilla de soja. Actualmente las importaciones chinas son un factor clave en el precio internacional de esta oleaginosa (USDA, 2008c).

Comúnmente, la mayoría de la producción mundial de soja es destinada a la molienda para la obtención de aceite y grasas para la nutrición humana o fines industriales, las tortas y harina desgrasada se utilizan como ingredientes en la elaboración de piensos o balanceados y solo una pequeña proporción es consumida directamente como se muestra en las **Figuras II.3.1.d y e**.

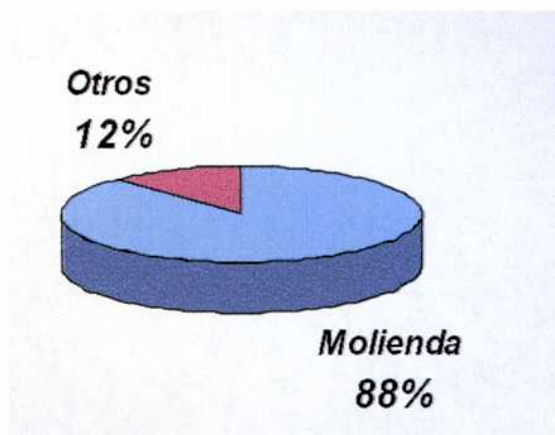


Figura II.3.1.d Principales usos de la soja (Villamil, 2008)

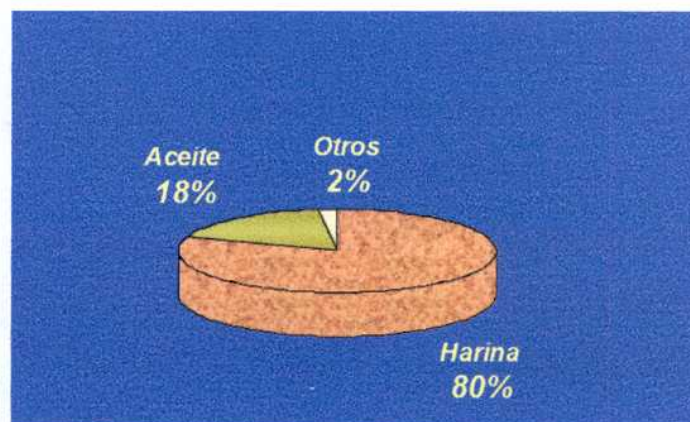


Figura II.3.1.e Productos de la molienda de soja (Villamil, 2008)

La producción de soja en América del Sur enfrenta un contexto más complejo. Además de los tradicionales usos productivos del grano, se ha sumado el interés en aprovecharla como materia prima para generar biodiesel, ampliándose y acentuándose las controversias sociales y ambientales (Gudynas, 2007).

II.3. 2. El cultivo de soja en la Argentina

La soja fue introducida en Argentina a mediados del siglo XIX pero no tuvo eco en los productores agrícolas de aquellos años. En 1.925, el Ministro de Agricultura Tomás Le Bretón, introdujo nuevas semillas de soja desde Europa y trató de difundir su cultivo, conocido en esa época entre los agrónomos del Ministerio como arveja peluda o soja hispida. Hacia 1956 en Argentina no se conocían aún los aspectos básicos de la soja como cultivo. Los fracasos en la implantación hicieron que fuese considerada para esa época como cultivo “tabú”. Las primeras producciones recién se realizarán a mediados del siglo XX (Da Veiga, 2005; Ridner, 2006a).

La década del '60 marcó el arraigo del cultivo y en la década del '70 se produjo el despegue de su producción. La campaña 76/77, en la que se cosecharon 1.400.000 toneladas (más del doble que en el año anterior), puede considerarse como el inicio del verdadero incremento de la soja en Argentina. Entre las décadas del '80 y '90 la producción creció un 178% y desde comienzos del '90 hasta el 2000/01 el crecimiento fue del 131%. La soja puede considerarse el cultivo de más rápida

adopción y expansión en la historia de la agricultura de nuestro país. De una producción nacional de 59.000 toneladas (1970/71), se llegó en 37 años a las 46,2 millones toneladas en la campaña 2007/8 (**Figura II.3.2.a**), convirtiéndose en el principal producto de la agricultura nacional por su participación en el valor total de la producción y exportación.

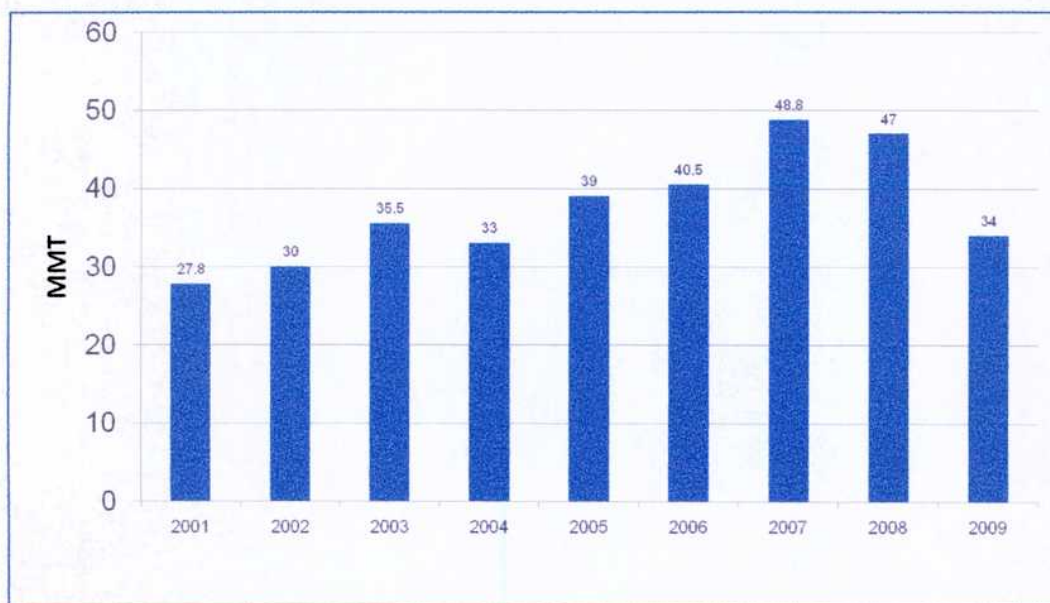


Figura II.3.2.a Evolución de la producción de soja en millones de toneladas métricas en Argentina año 2001-septiembre 2009 (Baize, 2009)

La superficie sembrada se incrementó a lo largo de las sucesivas campañas alcanzándose los 16.5 millones de hectáreas (SAGPyA, 2009 a, b).

Si bien el incremento de ésta oleaginosa ha sido permanente desde su introducción en el país, la aparición de las variedades transgénicas, de la campaña 1996/97 en adelante, y su excelente asociación con la siembra directa, marca un punto de inflexión a partir del cual, este cultivo inicia un crecimiento vertiginoso (**Figura II.3.2.b**) que lo posiciona como el más sembrado a nivel nacional, seguido por el trigo (Della Valle y Begenesic, 2002).

La comercialización del grano transgénico se ha realizado sin inconvenientes y la Argentina continúa colocando el 95% de su producción en varios mercados del exterior (Cuniberti y col., 2005).

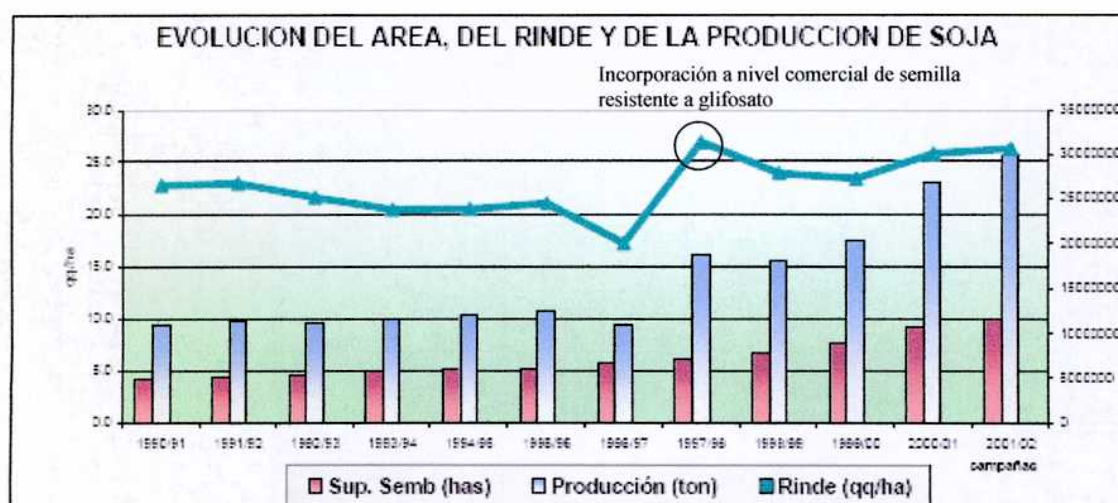


Figura II.3.2.b Evolución del área, del rinde y de la producción de soja (Della Valle y Begenesic, 2002)

Este importante crecimiento del cultivo de soja en Argentina se debe fundamentalmente a tres aspectos: la adaptación a un amplio rango de ambientes, la mayor rentabilidad relativa y la simplificación de la producción del cultivo. Esto permitió que productores de la región núcleo, zona central del país, expandan la superficie de siembra hacia las regiones norte, sur y oeste, acelerando la incorporación de los últimos avances tecnológicos a todas las regiones de producción del país, desplazando otros cultivos y trasladando las actividades ganaderas a zonas más marginales (Cuniberti y col., 2004).

Paralelamente y aprovechando el aumento del consumo mundial de aceites vegetales, las exportaciones de aceite de soja mostraron en los últimos diez años un crecimiento sostenido. Pasaron de 1,7 millones de toneladas en 1996 a 4,8 millones en 2005 (**Figura II.3.2.c**). Casi la totalidad de las exportaciones corresponden al aceite crudo a granel, por lo que la industria aceitera ha realizado importantes inversiones, aumentando la capacidad de molienda, mejorando las instalaciones portuarias y ampliando las instalaciones de almacenamiento. Esta situación permitió a la Argentina posicionarse en la actualidad como el primer exportador mundial de aceite y de harina de soja, el tercer productor de grano y el primero en la utilización de semilla de soja modificada genéticamente (Cuniberti y col., 2004; Cuniberti y col., 2005; Franco, 2005).

No sorprende, entonces, que la soja represente en la actualidad el rubro de exportación de mayor incidencia en el Producto Bruto Agropecuario del país y el mayor generador de divisas (SAGPyA, 2009b).



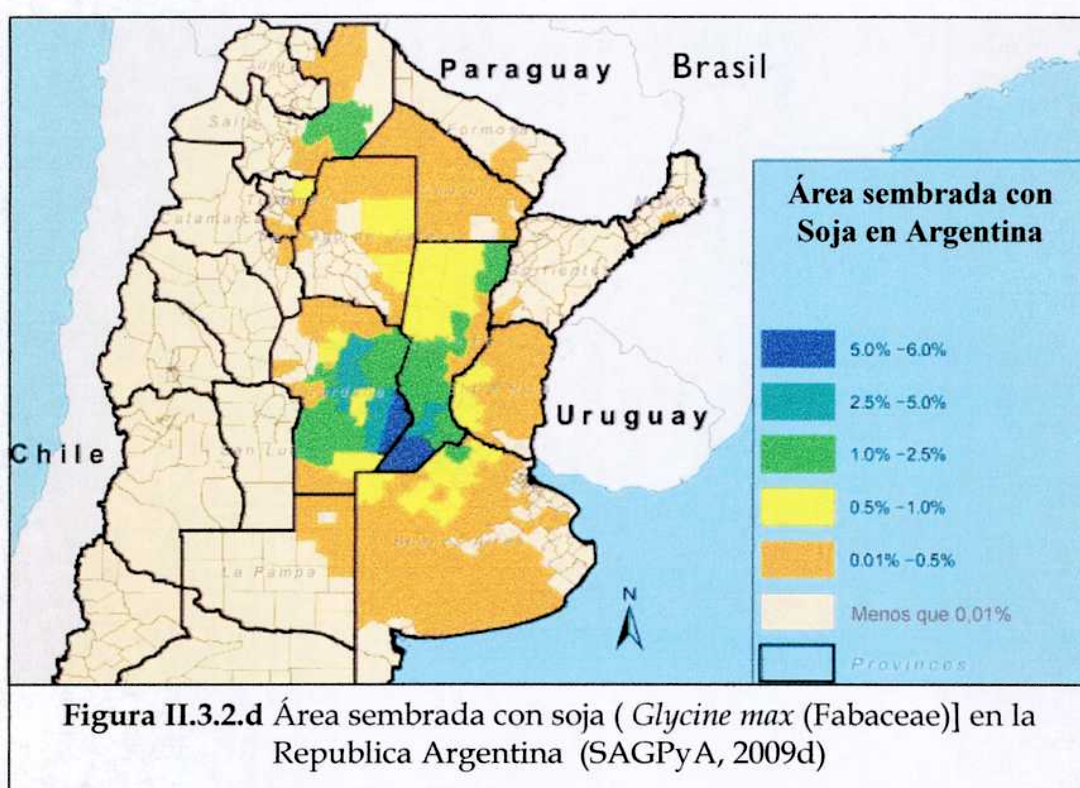
Figura II.3.2.c Dirección de Mercados Agroalimentarios. Elaboración propia en base a datos suministrados por terminales portuarias (SAGPyA, 2009b)

Otro uso de este cultivo mencionado anteriormente, que hace que el sector sojero sea todavía más complejo, es la demanda para producir biodiesel. La soja derivada a usos convencionales, especialmente aceite, podría sufrir reducciones si se mantiene la tendencia a destinar volúmenes mayores hacia biodiesel en Brasil, y posiblemente también en Argentina. El orientar la producción de soja hacia biodiesel depende especialmente de factores extraregionales, particularmente el precio del barril del petróleo y la demanda de las naciones industrializadas por biocombustibles (Gudynas, 2007). Prueba de ello es el artículo aparecido el 16 de diciembre de 2008, en la revista Oil World que afirma que las exportaciones de biodiésel de Argentina se derrumbaron a menos de la mitad del volumen, debido a que Estados Unidos eliminó un subsidio que impulsaba la demanda por el producto del país sudamericano.

Entre enero y noviembre del 2008 las exportaciones argentinas de biodiésel sumaron 633.000 toneladas, mientras que durante el mismo período del año previo habían sido de apenas 87.000 toneladas (Sabella, 2009).

La alta competitividad económica relativa de la soja y su alta capacidad de adaptación agronómica a distintos climas y suelos le permitió extenderse en las tierras agrícolas y mixtas.

Actualmente, como se observa en la **Figura II.3.2.d**, el cultivo de soja ocupa una amplia zona ecológica que va aproximadamente desde los 23° de latitud sur (en el extremo norte del país) hasta los 39° en el sur. El cultivo se concentra principalmente en la Región Pampeana Norte (incluye parte de las provincias de Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos y La Pampa), que representa el 83.68% del área sojera y el 95% de la producción total del país (**Tabla II.3.2.a**). Las provincias extra pampeanas representan el 16.32% del área destinada a ésta oleaginosa (Cuniberti y col., 2005).



Las variedades disponibles se ordenan según su ciclo, en Grupos de Maduración o de Madurez (GM). Las variedades que integran un mismo GM, tienen un ciclo similar pero sus características (rendimiento, resistencia a enfermedades, etc) pueden ser muy diferentes. En las regiones mencionadas se siembran cultivares de distintos Grupos de Madurez, que van desde el GM II (en la Región Pampeana Sur) al GM IX (Región Norte), siendo los más difundidos los GM III al VII (Cuniberti y col., 2004).

PROVINCIA	Área Sembrada (ha)	% Relativo	Área Perdida (ha)	Área Cosechada (ha)	%	Rinde (qq/ha)	Producción (TM)
CORDOBA	4.172.940	28,78%	44.270	4.128.670	98,9	20,3	8.376.200
SANTA FE	3.558.000	24,54%	26.500	3.531.500	99,3	25,9	9.141.950
BUENOS AIRES	3.205.523	22,11%	71.910	3.133.613	97,8	25,1	7.852.000
ENTRE RIOS	1.196.700	8,25%	6.600	1.190.100	99,4	19,4	2.307.370
CHACO	772.000	5,32%	35.750	736.250	95,4	11,4	841.200
STGO. ESTERO	670.000	4,62%	5.000	665.000	99,3	16,9	1.122.433
SALTA	437.000	3,01%	15.800	421.200	96,4	18,5	781.200
TUCUMAN	230.000	1,59%	5.647	224.353	97,5	21,8	489.100
LA PAMPA	143.000	0,99%	7.000	136.000	95,1	20,1	273.400
CATAMARCA	37.000	0,26%	0	37.000	100,0	28,0	107.300
SAN LUIS	35.000	0,24%	-	35.000	100,0	16,5	57.750
CORRIENTES	20.055	0,14%	3.590	16.465	82,1	12,9	21.314
FORMOSA	11.838	0,08%	-	11.838	100,0	18,2	21.568
JUJUY	9.000	0,06%	-	9.000	100,0	21,1	19.000
MISIONES	2.250	0,02%	-	2.250	100,0	22,2	5.000
TOTAL PAIS	14.500.306	100,00%	222.067	14.278.239	98,5	22,1	31.514.551

Tabla II.3.2.a Soja: Superficie ocupada por provincia y participación porcentual en el total nacional. Producción primaria Campaña 2003/2004 (SAGPyA, 2009c).

La Región Norte de Argentina es la que más combinaciones de GM y fecha de siembra (FS) permite utilizar y es la que presenta el período más amplio de cosecha; en función del período libre de heladas. Se siembran cultivares de seis GM (GM IV al IX), a lo largo de 6 meses de siembra de agosto a enero y con 6 meses de cosecha de febrero a junio (SAGPyA, 2009a).

En la Región Pampeana Norte es posible utilizar cultivares de cinco GM (III al VII), en 4 meses de siembra de mediados de setiembre a mediados de enero, con 4 meses de cosecha de febrero a mayo y en la Región Pampeana Sur cultivares de tres GM (GM II al IV), en algo más de 2 meses de siembra, de fines del mes de octubre a principios del mes de enero, con un mes y medio de cosecha de marzo a mediados de abril (Baigorri, 2003).

Desde el año 1982 hay inscriptos unos 343 cultivares de soja, de los cuales el 51,6% corresponden a cultivares de creación nacional y el resto a germoplasma introducido. Dentro del germoplasma nacional, el 69% de los cultivares corresponden al sector privado y el 31% al sector público, mientras que del germoplasma introducido el 90% es de origen estadounidense y el 10% restante de Brasil (Baigorri y col., 2002; Cuniberti y col., 2005).

Las variedades cultivadas en Argentina provienen de programas de mejoramiento para rendimiento y resistencia a enfermedades (Cuniberti y col., 2005). Estos autores plantean que a mayor rendimiento se encuentra mayor contenido de aceite y menor de proteína. En general, en zonas de menor latitud (norte del país) esta relación no se cumple, dando valores altos de proteína y aceite a la vez, sobre todo de proteína, obteniéndose 43% sobre materia seca de proteína y 22.5% sobre materia seca de aceite. En el área central pampeana oscilan entre 38-42% y 20-24% sobre materia seca según zona y fecha de siembra.

En la **Tabla II.3.2.b** se observa una comparación del contenido de aceite y proteínas entre países productores de soja (Karr-Lilienthal y col., 2004; Thakur y Hurburgh, 2007).

País Productor	Proteína (% ms)	Aceite (% ms)
USA	40,9	20,7
USA Norte	40,6	21,1
USA Sur	41,1	20,8
BRASIL	42,2	22,5
ARGENTINA	39,8	22,6

Tabla II.3.2.b Comparación de los porcentajes de aceite y proteína (sobre materia seca) de la soja argentina con la de otros países productores (Cuniberti y col. 2005)

II.4. Morfología y etapas de desarrollo de una planta de soja

La soja cuyo nombre taxonómico es *Glycine max.* pertenece al Género: *Glycine*, subgénero: Soja, es un importante miembro de la Familia: Fabaceae (Leguminosae), subfamilia: Faboideae, Tribu: Phaseoleae, subtribu: Glycininae. También ubicada en: Papilionaceae (Gomez, 1981).

La palabra “*Glycine*” deriva del vocablo griego “glykys” (dulce) y probablemente hace referencia al sabor dulce de sus tubérculos.

Es una planta erecta de 50-90 cm de altura (Figura II.4.a), escasa o densamente ramificada, dependiendo del cultivar y de las condiciones de crecimiento.

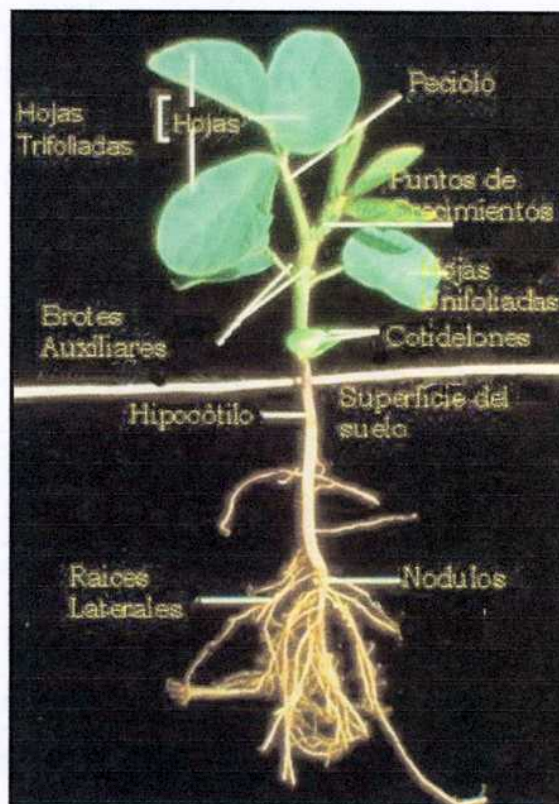


Figura II.4.a La planta de soja

Posee comúnmente un tallo principal ramificado mientras que ocasionalmente se puede observar la aparición de un tallo secundario ramificado. El tipo de ramificaciones del tallo se ven afectadas por factores genéticos intrínsecos y por factores ambientales como la duración de la luz, espaciamiento, fertilidad del suelo, etc. El sistema de raíces se puede describir como difuso; consiste en una raíz primaria de hasta 2 m de profundidad y un gran número de raíces secundarias que a su vez sostienen pequeñas raíces. También se puede observar la aparición de raíces adventicias que emergen del hipocótilo. Las hojas grandes, trifolioladas, folíolos oval-lanceolados, el terminal distante, miden hasta 7-10 cm de longitud; racimos florales breves y axilares, paucifloros, con flores de aproximadamente 8 mm de longitud, corola blanca o violácea; vainas péndulas 1-4, hirsutas, rectas o un poco encorvadas, pajizas o negruzcas, oblongas, contraídas entre las semillas, su maduración es simultánea con la caída de las hojas (Lersten y Carlson, 2004; Zelaya, 2005).

Existen variedades que difieren por el color (amarillo, negro, castaño, verdoso, etc.), la forma de las semillas y por caracteres de la planta. Industrialmente se utilizan las variedades conocidas como amarillas, la presencia de semillas de otro color es considerada un defecto.

La etapa vegetativa se extiende desde que la planta se autoabastece con la expansión de la primera hoja trifoliada hasta la floración (Burton, 1997). A medida que va creciendo la planta, se producen cambios morfológicos que resultan de la diferenciación y crecimiento de órganos. En la **Figura II.4.b** se indican los períodos en los cuales aparecen y crecen los diferentes órganos en una escala arbitraria de tiempo (Kantolic, 2003). Como referencia, se incluye algunos datos de la escala de desarrollo de Fehr y Caviness (1977).

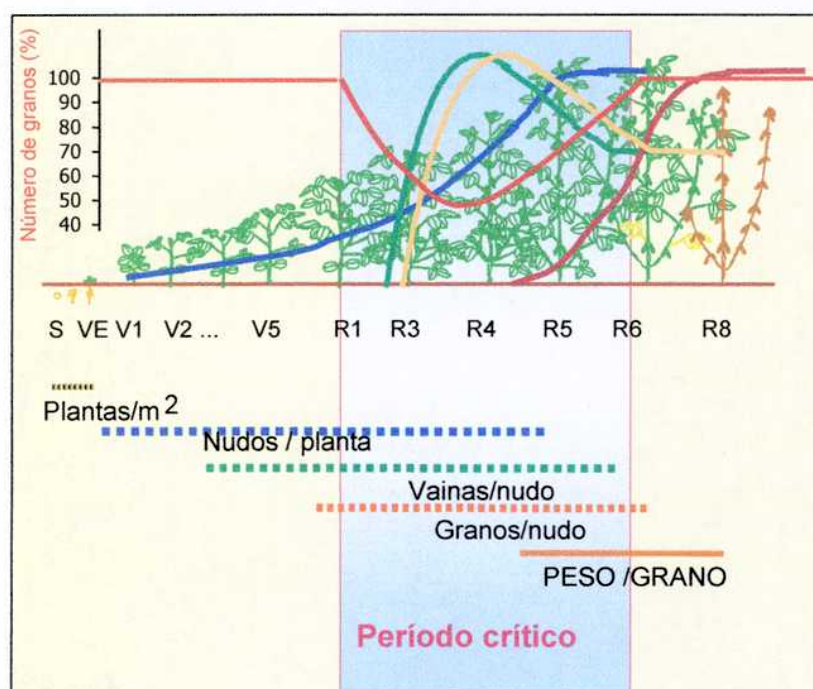


Figura II.4.b Ciclo del cultivo de la soja (Kantolic, 2003)

S: Siembra.

Ve: Emergencia.

Vn: Estados vegetativos.

R1: Comienzo de la floración.

R2: Floración plena.

R3: Comienzo de la fructificación.

R4: Fructificación plena.

R5: Comienzo de formación de semilla.

R6: Llenado pleno.

R7: Comienzo de maduración.

R8: Madurez plena.

Período Crítico: finaliza la expansión de hojas y se produce la aparición, crecimiento y mortandad de vainas.

La magnitud del crecimiento vegetativo resulta fundamental para la producción de granos. Una planta bien desarrollada poseerá: una superficie foliar suficiente para lograr la máxima intercepción de luz solar, nudos suficientes para alojar un elevado número de vainas y un sistema radicular bien desarrollado que permita la absorción de nutrientes y agua para abastecer un alto rendimiento en grano. El período de crecimiento vegetativo dependerá del cultivar y del fotoperíodo reinante. Condiciones ambientales favorables de temperatura, disponibilidad de agua y fertilidad del suelo contribuyen a una mayor tasa de crecimiento

Al aparecer las primeras flores en el cultivo comienza la etapa reproductiva. Para que esto pueda ocurrir debe haberse producido previamente el proceso de inducción floral, estímulo fisiológico que induce a las plantas a producir órganos reproductivos. El factor más importante de inducción es el fotoperíodo es decir la cantidad de horas de luz. La inducción se produce cuando el fotoperíodo es menor a un valor dado, variable según el material genético.

La transición de la etapa vegetativa a la etapa reproductiva presenta variantes. El término hábito de crecimiento (HC) se refiere al grado de superposición entre el período vegetativo y reproductivo que manifiesta una variedad. Las variedades de HC indeterminado son aquellas que comienzan a florecer bastante antes de haber completado su crecimiento vegetativo, en cambio las variedades determinadas presentan una escasa superposición de ambos periodos, es decir que prácticamente han completado su desarrollo vegetativo al comenzar a florecer.

La acumulación de materia seca en la planta es lenta al principio. A partir de la plena floración y comienzo de formación de vainas se acelera, siendo máxima durante el período de llenado de granos. Los valores de materia seca absolutos pueden variar en función de condiciones ambientales y genotipo (Nakayama y Martignone, 1989).

Es una especie muy sensible a las variaciones microclimáticas, se requiere un cuidadoso trabajo de selección de variedades antes de encontrar la de mayor rendimiento para una localidad. Donde no se ha cultivado aún, debe inocularse la tierra con cultivos del bacilo específico fijador de nitrógeno en este caso *Rhizobium japonicum* (Dimitri, 1980).

La soja, un cultivo proteico por excelencia, necesita acumular grandes cantidades de nitrógeno para su normal crecimiento. Debido al déficit de nitrógeno de las zonas sojeras argentinas, para cubrir la demanda de nitrógeno, además de la absorción del nutriente desde el suelo, esta y otras especies de la familia de las *Leguminosae* han desarrollado el mecanismo de la fijación biológica de nitrógeno (FBN), a partir de la asociación con bacterias del suelo pertenecientes a la familia de las *Rhizobiáceas*. Actualmente se promueve la inoculación de las semillas con *Bradyrhizobium japonicum* (Díaz Zorita, 2009; Ferraris y Couretot, 2009).

II.5. La semilla de soja

II.5.1. Morfología y formación de la semilla

La semilla de soja como la mayoría de las leguminosas no presenta prácticamente endosperma; consiste en un embrión alargado protegido por una cobertura seminal o tegumento. El tegumento envuelve todo el embrión protegiéndolo y regulando todo intercambio con el medio ambiente (Burton, 1997). Se divide en un tegumento exterior y uno interior que consiste en dos o tres capas de células al momento de la fertilización. Después de la fertilización se produce una división periclinal, que resulta en un engrosamiento, y que presumiblemente tiene funciones nutritivas. En el punto de conexión de la semilla con la vaina, hay una cicatriz llamada hilo, su forma varía desde lineal a oval. Es la principal vía para el intercambio gaseoso entre el embrión y el ambiente. En uno de los extremos se

encuentra la micrópila, que es una pequeña abertura formada durante el desarrollo del tegumento. En el otro extremo del hilo, está el rafe, que es una pequeña estría que se extiende a la chalaza; es el punto donde los intertegumentos están unidos al ovario. La impermeabilidad del tegumento, que es una característica varietal, es importante porque mantiene el vigor cuando la semilla queda expuesta al ambiente. La cubierta seminal puede presentar diferentes coloraciones producidas por antocianinas o clorofila presentes en las células de la epidermis (Carlson y Lersten, 2004; Ruiz Toranzo, 1989; Thorne, 1981).

El embrión esta compuesto por dos cotiledones y un eje embrionario, formado por epicótilo, hipocótilo y radícula, como se ve en la **Figura II.5.1.a**. Los cotiledones representan el 90% del peso de la semilla y contienen prácticamente todas las proteínas y el aceite en sus tejidos. Al examinar las semillas al microscopio revelan la presencia de cuerpos proteicos (conocidos como aleuronas) y cuerpos de lípidos (esferosomas) los cuales constituyen las estructuras de almacenamiento de proteínas y aceites, respectivamente (Zelaya, 2005).

La forma de la semilla varía, según el cultivar, desde esférica a marcadamente aplanada y elongada, pero las semillas de la mayoría de los cultivares son de forma oval. Las semillas se encuentran alojadas en vainas de 2 a 7 o más centímetros de longitud, que pueden contener de una a cinco semillas, pero en la mayoría de los cultivares encontramos de dos a tres semillas por vaina (Boerma y Specht, 2004).

La formación de la semilla se inicia a partir de la fecundación. En la primera semana comienza el desarrollo de los cotiledones y epicótilo. El momento en que los cotiledones alcanzan el máximo tamaño coincide con el máximo largo de la vaina, pero recién luego de diez días se alcanza el máximo peso fresco, finalizando el llenado del grano (R₅-R₇). Durante la maduración hay acumulación de materia seca y pérdida de peso fresco en la semilla y en la vaina. La extensión de éste período

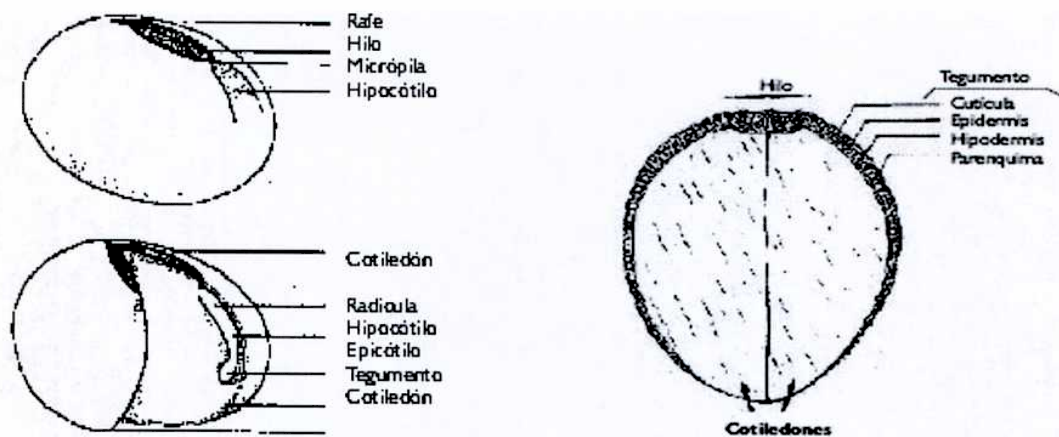


Figura II.5.1.a Semilla de la soja (Casini y col., 2005)

depende de la variedad y de las condiciones del ambiente. El estado de madurez fisiológica (R_8) se reconoce visualmente porque el grano cambia de color verde intenso a amarillento (FIUBA, 2005).

El número de semillas y el tamaño final, para cualquier variedad, está controlado genéticamente, pero factores como enfermedades, fertilidad, humedad, temperatura, etc., pueden reducir el número y tamaño de las semillas producidas. Hay diferencias varietales en lo que hace a longevidad y resistencia a condiciones desfavorables a campo en precosecha, cosecha y durante el almacenaje. La diferencia está dada por grosor y composición de la cubierta seminal, calidad y proporción de las proteínas, hidratos de carbono y aceites presentes en la semilla y tamaño de la misma. Con respecto a factores externos la calidad de la semilla dependerá fundamentalmente de las condiciones ambientales en precosecha (Ruiz Toranzo, 1989).

II.5.2. Características físicas o fenotípicas de la semilla

La composición bioquímica y la apariencia física de la semilla afecta la calidad de aquellas preparaciones elaboradas con soja, tales como leche de soja (extracto acuoso elaborado a partir de soja), tofu (de textura gelatinosa), brotes de soja, miso y natto (productos fermentados de soja) entre otros. Generalmente se eligen para la elaboración de leche de soja y tofu semillas grandes con hilo claro y alto contenido proteico (Alt y col., 2002; Yoon y Kim, 2007; Zulkurnain y col., 2008). En preparaciones como natto se utilizan variedades que posean semillas pequeñas con alto contenido de proteína (Panthee, 2005), para brotes de soja semillas pequeñas,

mientras que para miso y para su consumo como chauchas (mau dou, en China o edamame, en Japón) se prefieren semillas de mayor tamaño (Kumar y col., 2006b; Sirisomboon y col., 2007).

II.5.2.1. Peso y Tamaño de la semilla

El tamaño de la semilla de soja es una característica hereditaria, genética, fuertemente afectada por el ambiente (Li y col., 2006; Panthee, 2005). Usualmente se la incluye como una característica varietal expresada como mg semilla⁻¹ (Egli y col., 1987), peso/100semillas secas (Kumar y col., 2006b), número de semillas 100g⁻¹. El peso fresco máximo (de 100 semillas) se alcanza en el estadio R₆, correspondiente a la cosecha de segunda en EE.UU. (Kumar y col., 2009). Sin embargo, dentro de una variedad el tamaño medio de la semilla y el rango pueden variar considerablemente entre años y localidades. Esta variabilidad, frecuentemente es motivo de preocupación entre los agricultores, quienes cuestionan la calidad de los lotes de semillas por tener semillas más pequeñas que lo “normal” (Keith y Delouche, 1998).

En el área agronómica, tamaños reducidos para una variedad se relacionan con pobres condiciones de crecimiento, tales como sequía durante el desarrollo de la semilla. Cuando la aparición de un estrés (calor o sequía) se produce durante las últimas etapas de llenado del grano y esto resulta repentino y severo, muchas semillas pueden resultar secas, arrugadas, aplanadas, y pequeñas. Estas son fáciles de separar durante la limpieza y el acondicionamiento. En muchos casos deficiencias crónicas o menos severas producen semillas pequeñas, redondeadas, suaves, de buen color, que no son fáciles de separar por tamaño (Keith y Delouche, 1998).

Egli y col. (1987) encontraron que existía un amplio rango de tamaños (desde 90 a más de 200mg semilla⁻¹) entre todos los lotes que investigaron.

Panthee (2005) analizó las semillas de soja de híbridos provenientes del cruzamiento de cultivares N87-984-16 y TN93-99 y halló un rango de peso de 125 a 165 mg semilla⁻¹ siendo el valor medio 144 mg semilla⁻¹.

Para ser consumidas como chauchas (edamame), tal como se mencionó, se escogen semillas grandes, cuyo peso en base seca sea mayor a 300mg semilla⁻¹, antes de su completa madurez, cuando las vainas están completamente llenas y todavía

verdes. Este estadio corresponde al R₆ en la escala de desarrollo de Fehr y Caviness (Fehr y Caviness, 1977; Mohamed y Mentreddy, 2004). Las cualidades que se requieren para su consumo como vegetales incluyen el tamaño de la semilla, "flavor", altos contenidos de proteínas, aminoácidos libres y azúcares totales. Las características morfológicas de la vaina determinan su valor comercial (Sirisomboon y col., 2007). Ellos observaron que los factores que afectan a estos atributos son el cultivar, las condiciones durante el desarrollo de la planta, la fecha de cosecha y las condiciones de almacenamiento. Durante la etapa de maduración, el peso y el color de la semilla cambian y aumenta la materia seca de 16% a 90%. El peso fresco promedio, expresado en mg semilla⁻¹, de la mayoría de las variedades se incrementa de 300 a 568 mg, mientras que al alcanzar la madurez desciende a 209 mg semilla⁻¹ (Liu, 1999; Mohamed y Mentreddy, 2004).

Por otra parte se encontró una correlación positiva entre el tamaño de la semilla y la concentración de ácido oleico y la del ácido fítico, mientras que con el ácido linoleico la correlación es negativa (Liu y col., 1994). Maestri y col. (1998) también hallaron, analizando genotipos pertenecientes a distintos GM IV, V, VI o VII cultivados entre 1995 y 1996, en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA-INTA) de Manfredi, Marcos Juárez, Argentina, una importante correlación entre el tamaño de la semilla y los diferentes ácidos grasos presentes en ella, dicha correlación fue positiva con respecto al ácido esteárico (18:0) y oleico (18:1) y negativa con el ácido linoleico (18:3).

Borrás y col. (2004) observaron en Argentina, que el tamaño de la semilla generalmente responde favorablemente a un incremento de los componentes asimilables. Sus resultados mostraron que en las variedades de baja proteína, el tamaño de las semillas respondía mejor a un incremento de componentes asimilables que las líneas de alta proteína, esto fue corroborado por Rotundo y col. (2009).

Heinemann y col. (2006) hallaron una importante interacción entre temperatura y CO₂ para el peso de la semilla y el número de semillas por planta. El peso de la semilla se incrementaba, en promedio, un 7.5% para regímenes de temperatura de 20/15° C y 30/35° C con un nivel elevado de CO₂, sin embargo el aumento era menor a medida que la temperatura se elevaba. El número de semillas

por planta solo se incrementaba para un nivel elevado de dióxido y menores regímenes de temperaturas, el aumento fue menor a medida que la temperatura aumentaba. Por otra parte no existía una importante interacción entre el CO₂ y temperatura para el tamaño individual de cada semilla, por lo cual el efecto del CO₂ ambiente o de un nivel más elevado de este fueron similares. El análisis de ANOVA realizado para el tamaño individual de las semillas confirmó que éstas eran significativamente más largas con temperaturas más altas, indicando una aceleración del crecimiento temprano de la semilla a altas temperaturas. El peso de semilla por planta estaba positivamente relacionado con el número de semillas por planta, mientras que no había una relación importante entre el peso de la semilla por planta en la madurez de cosecha y el tamaño o masa de cada semilla para cada tratamiento (Heinemann y col., 2006).

El tamaño varía entre variedades, pero también White y col. (1992) y Pedersen (2004) observaron que puede depender del ambiente en el que crece la semilla. Las velocidades de crecimiento de las semillas son relativamente constantes entre las vainas tempranas y tardías. La duración del período efectivo de llenado es menor para las vainas tardías de los cultivares indeterminados y esto produce semillas ligeramente mas chicas. Las bajas temperaturas están asociadas a menores velocidades de crecimiento, a período efectivo de llenado más largo y semillas más grandes.

Kumar y col. (2006b) plantearon que existe una importante relación entre el tamaño de la semilla y el genotipo y su interacción genotipo x localidad.

Egli y col. (1978) encontraron una correlación negativa entre el tamaño de la semilla y el número de semillas por planta de las variedades estudiadas. Sin embargo, Sadras, (2007) en su estudio establece la hipótesis que un estrecho rango en el tamaño de la semilla es el resultado de la evolución y de la selección agronómica. La idea que el tamaño de las semillas está dada por la estabilización de la selección y depende de cuatro condiciones (Silvertown, 1989): 1) el tamaño medio de la semilla se conserva para una determinada especie y entorno, 2) el tamaño de la semilla afecta su aptitud, 3) el tamaño es una característica heredable y 4) existe un equilibrio entre

tamaño y número de semillas. Él investiga sobre los tres primeros puntos para corroborar su hipótesis.

Es de destacar que no hay otros estudios que contemplen la relación entre el peso de la semilla y su posterior utilización en la elaboración de tofu o la producción de brotes de soja a pesar de que el peso se considera una característica importante en la selección de la materia prima.

II.5.2.2. Color de la semilla

El objetivo de la medición de color es de gran importancia para la industria alimenticia, dada la relación que existe entre este atributo y la aceptabilidad por parte de los consumidores. El color es una característica intrínseca de cada alimento y ayuda al consumidor a identificar el producto (Calvo y col., 2001).

Kumar y col. (2006b) encontraron que si el color del tegumento y del hilo son observados visualmente, con la ayuda de una lupa, no se detectan diferencias significativas para el tegumento entre genotipos de distintas localidades, pero si para el hilo.

El tegumento está recubierto por la cutícula y posee tres capas, la epidermis, la hipodermis y el parénquima. El color del tegumento puede tener tonalidades negras, verdes o amarillas. La pigmentación es controlada por dos pares principales de genes (*T*, *t* y *R*, *r*) y dos pares de genes modificados, mientras que otros *locus* con cuatro alelos controlan la intensidad del color. El color del hilo a su vez, está determinado también por genes (*I*, *R*, *T*, *W*₁). Otro gen (*G*) controla la retención de la clorofila en la semilla produciendo el grano verde. El embrión es de color verde o amarillo (Burton, 1997).

En la Figura II.5.2.2.a puede observar los cambios del color del tegumento y la acumulación de antocianinas, durante el desarrollo de un cultivar de tegumento amarillo, Richland (*l* / *l*), y de una mutación espontánea del mismo (Lindstrom y Vodkin, 1991).

Desarrollo	Temprano	Medio	Tardío	Grano Fresco	Grano seco
Días después de La floración	27días	34 días	45 días	55 días	62 días



Figura II.5.2.2.a Cambios en el color del tegumento y en la estructura de un grano de soja durante la maduración del cultivar Richland y de una línea mutada del mismo cultivar (Lindstrom y Vodkin, 1991).

Los cultivares que crecen a altas latitudes o altitud frecuentemente están expuestos a bajas temperaturas durante la fase crítica de desarrollo (Benitez y col., 2004). El estrés producido por las bajas temperaturas (alrededor de 15°C) durante la floración induce el pardeamiento y el agrietamiento en la semilla, reduciendo el valor comercial del grano. Los cultivares con hilo amarillo fueron más susceptibles a las bajas temperaturas, particularmente a las heladas, que los que poseen hilo marrón, disminuyendo el rendimiento y la calidad de la semilla. En las plantas sometidas a bajas temperaturas, por ejemplo a heladas, la pigmentación de la semilla fue más severa cuando las flores recién abrían (Benitez y col., 2004).

En Argentina (Cuniberti y col., (2005), encontraron que en las últimas campañas se vienen presentando algunos problemas relativos a la presencia de granos verdes, con la difusión de la soja de primavera, en la zona del núcleo-sojero, dando como consecuencia un aceite con elevado contenido de clorofila. Si el

porcentaje de grano verde es muy alto, en algunos casos el color del aceite puede ser semejante al aceite de oliva. Esto ocasiona problemas en la comercialización. Para quitarle el color verde se debe recurrir al proceso de refinado con arcillas especiales que resultan más costosas que las utilizadas en el proceso de blanqueado tradicional. Los granos verdes son más plásticos y no se quiebran satisfactoriamente en el proceso de laminado, provocando la existencia de aceite residual en las harinas. El grano verde es más difícil de descascarar, porque el tegumento está más adherido y como consecuencia pasa más fibra a la harina, disminuyendo el contenido proteico de la misma. El grano verde está asociado a distintos factores, entre ellos ambientales, sanitarios y genéticos. Un hecho significativo son las altas temperaturas durante el período de maduración. La fecha de siembra más temprana de cultivares precoces corresponden a ambientes de altas temperaturas que acentúan este fenómeno. Los granos con leve tonalidad verde producen aceites de color verde no tan intenso. A medida que avanza la cosecha de soja de primera y en soja de segunda siembra el problema desaparece.

Para la elaboración de alimentos que contienen soja, como para la obtención de aceite a partir de la semilla, el color es una propiedad importante (Yoon y Kim, 2007). En Oriente se utiliza el poroto seco maduro (R_8) para la producción de natto, brotes de soja, tofu, leche de soja, miso, tempeh, o la semilla inmadura (R_6) como vegetal (Mohamed y Mentreddy, 2004). Para la elaboración de leche de soja y tofu se eligen semillas grandes con hilo claro (Min y col., 2005). Dana e Ivo (2008) plantearon que el desarrollo de métodos descriptivos que cuantifiquen este atributo y que ayuden a la identificación de un cultivar de todos los germoplasmas, es una variable a mejorar. Min y col., 2005 trabajaron sobre un mismo fondo hallando en las imágenes importantes variaciones de los parámetros de color entre variedades HS90-3456, HS90-3415, HS90-3518, HS90-3608 y Conrad cultivadas en Columbus y Lakeview en Ohio, que afecta el color del producto final.

Otro procedimiento en el que se utiliza el análisis de imágenes computarizadas para la clasificación de semillas fue el empleado para segregar semillas de soja que presentaban daño durante la cosecha, almacenamiento, transporte y manejo de semillas sanas (Gupta y col., 2002).

Una forma de evaluar el color de un producto, son las mediciones de color expresadas en el espacio CIE-L*a*b*, definido por las coordenadas cromáticas L*, a* y b*, que determinan un espacio tridimensional y uniforme; para estas determinaciones se emplean los colorímetros triestímulos. El colorímetro triestímulo mide las coordenadas X, Y, Z que representan la contribución de cada uno de los tres colores primarios ideales al color dado y mediante fórmulas matemáticas se calculan los tres parámetros del modelo de color CIE-L*a*b*. El colorímetro triestímulo tiene la propiedad de medir el color verdadero y correlaciona con lo que el ojo ve (Good, 2009). En el espacio CIE-L*a*b* el eje vertical L* es una medida de la luminosidad y varía entre 0 y 100, es decir de completamente opaco a transparente. El factor cromático a* es una medida de la intensidad del color rojo, positivo, al verde, negativo, y b* del color amarillo, positivo, al azul, negativo (Casassa y Sari, 2006; Woniatczuk y col., 2006). También en base a los valores de a*, b* se pueden calcular C*, la cromaticidad, este valor es análogo al color de saturación y h°, el tono, que resulta útil para expresar el tono de un objeto (Edwards y col., 2002). Las ecuaciones que relacionan el cálculo de L*, a*, b* respecto de los valores triestímulo X, Y, Z son:

$$L^*_{ab} = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 \cdot \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right]$$

$$b^* = 200 \cdot \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right]$$

Donde X_n, Y_n y Z_n son los valores del iluminante.

Se utilizará en este estudio un colorímetro triestímulo para la medición de color de la semilla midiendo las coordenadas X, Y, Z. Además se utilizará otra forma de representación que habitualmente se usa y que consiste en calcular las llamadas coordenadas cromáticas x, y definidas por las siguientes ecuaciones:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \qquad y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

El color definido por (x, y) se representa en el diagrama cromático CIE, donde solo tiene lugar la cromaticidad del color en cuestión. Para que la especificación del color sea completa, eventualmente se utiliza la luminosidad Y como tercera coordenada, en un plano perpendicular que representa la propiedad de reflejar más o menos la luz. El plano de las coordenadas cromáticas está delimitado por una línea recta que une los extremos del espectro visible, conocida como línea de púrpuras (Kelly, 1943).

II.5.3. Composición química del grano de soja

La semilla de soja es cosechada cuando alcanza su madurez fisiológica. El contenido de humedad estará entre 5.6 y 11.5% (Directorate, 2001; Ruiz Toranzo, 1989) y puede ser cosechada con un contenido de humedad levemente superior y sujeta a un secado mecánico para llevarla a esos valores y poder así almacenarla en forma segura (Directorate, 2001).

Por su composición química (Tabla II.5.3.a), ocupa una posición intermedia entre las legumbres y las oleaginosas debido a que contiene más proteínas (40%) que las demás legumbres pero menos grasas (21%). La composición puede variar de acuerdo a la variedad y condiciones de crecimiento (Genta y Alvarez, 2006; Zelaya, 2005). En algunos casos se obtuvo niveles de proteínas entre 40 y 45%, y niveles de lípidos entre 18 y 20%. Usualmente un incremento del 1% en proteínas es acompañado por una disminución del 0,5% del aceite (Genta y Alvarez, 2006).

La semilla de soja ha sido reconocida desde hace mucho tiempo como una fuente importante de nutrientes debido no solo a la alta concentración de aceites y proteínas sino también a la calidad de los mismos.

El aceite de soja contiene una alta proporción de ácidos grasos insaturados dentro de los cuales podemos citar el ácido oleico, el linoleico y el ácido linolénico, siendo estos últimos ácidos grasos esenciales (Directorate, 2001).

Partes de la semilla	% peso semilla entera	% (Base seca)			
		Proteína Nx 6,25	Lípidos	Carbohidratos (incluida fibra)	Cenizas
Cotiledón	90	43	23	43	5,0
Cáscara	8	9	1	86	4,3
Hipocótilo	2	41	11	43	4,4
Semilla entera	100	40	20	35	4,9

Tabla II.5.3.a Composición química aproximada de la semilla de soja (Zelaya, 2005)

La proteína de soja contiene todos los aminoácidos esenciales, muchos de los cuales están presentes en cantidades cercanas a los requerimientos nutricionales tanto de los seres humanos como de animales (Cuniberti y Herrero, 2006). Un perfil de aminoácidos de la semilla de soja publicado por Directorate en 2001 se puede ver en la **Tabla II.5.3.b**.

Aminoácidos Esenciales	Rango, % sobre materia seca
Arginina	2,45 - 3,1
Cistina	0,45 - 0,67
Histidina	1,0 -1,22
Isoleucina	1,76 -1,98
Leucina	2,2 -4,0
Lisina	2,5 -2,66
Metionina	0,5 -0,67
Fenilalanina	1,6 -2,08
Treonina	1,4 -1,89
Triptofano	0,51 -0,67
Valina	1,5 -2,44

Tabla II.5.3.b Composición aproximada de aminoácidos de la semilla de soja (Directorate, 2001).

En esta **Tabla II.5.3.b** está incorporada la arginina como un aminoácido esencial (Directorate, 2001) pero la FAO/WHO no la incluye en sus requerimientos

tanto para niños de un año como para aquellos de dos a cinco años, debido a que solo resulta esencial para infantes y animales prematuros (Wu y col., 2000).

El grano también cuenta con componentes bioactivos que se encuentran en menor proporción pero que resultan de interés tanto a nivel medicinal como veterinario, entre ellos podemos mencionar lecitina, fitoestrógenos, saponinas, oligosacáridos, lectinas e inhibidores de tripsina.

La **Tabla II.5.3.c** contiene la composición de nutrientes de soja sobre base seca publicado por USDA (2009c).

Componentes	Rango (%)	Porcentaje Típico
Proteína	30 – 50	36,5
Aceite	12 -30	20,0
Carbohidratos	26 – 38	30,0
Cenizas	4,61 – 5,94	5,0

Tabla II.5.3.c Composición de los nutrientes de soja sobre base seca (USDA, 2009c).

Un factor que impacta en la composición nutricional de la soja y por lo tanto en la harina es el ambiente donde se desarrolla. La soja cultivada en diferentes ambientes alrededor del mundo evidencia diferencias en la composición de nutrientes y en la calidad de ellos (Grieshop y Fahey, 2001).

No existen datos sistemáticos publicados de la composición de aminoácidos de las variedades de soja sembradas en la Argentina.

II.5.3.1. Proteína de Soja

Las legumbres junto con los cereales desempeñan un rol importante en la nutrición humana ya que son fuente de proteínas. Las proteínas de soja pueden incrementar la calidad nutricional de otras proteínas vegetales (Comai y col., 2006; Rockland y Radke, 1981).

Las semillas de las legumbres acumulan grandes cantidades de proteínas durante su desarrollo. Muchas carecen de actividad catalítica y no desempeñan un rol estructural en el tejido del cotiledón (Shewry y col., 1995).

Las proteínas de soja son una compleja mezcla de polipéptidos y al igual que muchas especies pertenecientes a la familia *Leguminosae*, la soja contiene cuatro grupos de proteínas: las enzimas involucradas en el metabolismo, que no superan el 1% del total de proteínas; las proteínas estructurales que incluyen las ribosomales y las asociadas a cromosomas; las proteínas de membrana y las proteínas de almacenamiento (Krishnan, 2000; Zarkadas y col., 2007). Estas últimas se almacenan en organelas (aleuronas) unidas a la membrana de las células parenquimáticas del cotiledón. Son llamadas proteínas de almacenamiento o globulinas, resisten la desecación durante la maduración de la semilla y sufren hidrólisis en la germinación suministrando esqueletos carbonados y aaminados para el desarrollo de las primeras etapas de la planta (Derbyshire y col., 1976).

Además de las proteínas de almacenamiento existen otras proteínas como los inhibidores de tripsina, lectinas, lipooxigenasa y ureasa, las cuales desempeñan un rol importante en la calidad nutricional de la semilla (Duranti y Gius, 1997).

Las proteínas de reserva, al igual que las reservas de aceite, son sintetizadas durante el desarrollo de la semilla y constituyen la mayor parte del porcentaje proteico del endosperma. Los dos tipos principales son la glicinina y la β -conglucina. Estas globulinas se clasifican según sus coeficientes de sedimentación como 11S y 7S, respectivamente y constituyen aproximadamente el 70% de las proteínas en la soja (Panthee, 2005).

La relación entre ambas proteínas 11S y 7S varía en un rango de 0,5 : 1 a 1,7 : 1 dependiendo de los cultivares. Esta relación determinará la calidad nutricional y las funciones fisicoquímicas de las proteínas de soja. La composición de las proteínas de reserva varía con la madurez, las características del suelo, los fertilizantes utilizados (Krishnan y col., 2005; Krishnan y col., 2007; Zarkadas y col., 2007).

La acumulación de proteína en la semilla se ve influida por condiciones genéticas y ambientales (Bennett, 2005a; Rotundo y col., 2009).

La globulina 7S de la soja es llamada β -conglucina. Es una glicoproteína compuesta por tres subunidades α' , α y β , con un peso molecular entre 150 a 200 kDa y contiene carbohidratos, como ramnosa, que se une por enlaces covalentes a residuos de asparagina, además carece prácticamente de metionina (Maruyama y col., 2006b; Zarkadas y col., 2007).

La globulina 11S, llamada glicinina, es una proteína simple compuesta de seis subunidades ácidas y básicas con un peso molecular de 300 a 400 kDa. Las cinco subunidades más importantes han sido identificadas y clasificadas en dos grupos de acuerdo a la secuencia de aminoácidos. Cada subunidad está compuesta por polipéptidos ácidos y básicos unidos por puentes disulfuros (Maruyama y col., 2006a). Esta globulina contiene tres o cuatro veces más aminoácidos azufrados, particularmente metionina, que la β -conglucina y es menos sensible a la disociación, excepto a pH muy bajos (Kitamura, 1995).

La glicina constituye un 40% del total de las proteínas de reserva y tiene mayor valor nutritivo, debido a los aminoácidos azufrados (Bennett, 2005a). Existe una relación inversa entre las concentraciones de 7S y 11S (Paek y col., 1997). La concentración de glicinina puede ser incrementada a expensas de β -conglucina, en tal sentido se han generado variedades utilizando este concepto (Krishnan, 2005; Krishnan y col., 2005).

Las semillas con alto contenido proteico tienen mayor valor comercial (Krishnan y col., 2007) a diferencia de las que se han potenciado en Argentina.

Se ha demostrado que tanto el contenido de aceite como el de proteína están sujetos a un efecto de ubicación en la planta (Collins y Cartter, 1956). Las semillas que se desarrollan en el cuarto superior de la planta contienen una mayor concentración de proteína y una menor de aceite, que aquellas que crecen en el cuarto inferior de la misma. Semillas provenientes de cultivares con contenido proteico normal y otras de alto contenido proteico mostraron un incremento de la concentración de proteína desde los nodos inferiores a los superiores (Escalante y Wilcox, 1993). Bennett (2005c), en su tesis encontró que el contenido proteico de las semillas localizadas en los nodos superiores de la planta era un 4% mayor que aquellas recogidas de los nodos inferiores y que la β -subunidad de β -conglucina se acumulaba en mayor medida en las semillas de los nodos superiores y disminuía hacia los inferiores. Semillas cosechadas de los nodos inferiores podrían contener una mayor proporción de aminoácidos azufrados y el aceite de las semillas de la región superior de la planta contendría mayor porcentaje de ácido oleico, resultando en consecuencia el aceite más estable (Bennett, 2005c).

Así mismo, Bennett (2005b) en su estudio halló una correlación positiva entre la acumulación de proteína y los años, cabe señalar que observó una ganancia de

proteína y una pérdida de aceite a lo largo de la experiencia. Esa relación inversa en la acumulación de estos dos componentes se observa, dado que ellos compiten por el carbono y la energía necesaria para la síntesis. El aceite requiere dos veces la energía en kcal/g que la proteína, esto sugiere que un cambio en la acumulación de una unidad de aceite podría estar acompañada por un cambio dos unidades en la proteína (Chung y col., 2003).

Karr-Lilienthal y col. (2004) analizaron el contenido de proteína de soja proveniente de cinco países China, EE.UU., Argentina, Brasil e India hallando la mayor concentración de proteína cruda en China (44.9% sss), % sobre sustancia seca, mientras que la menor concentración se encontró en Argentina (32.6% sss). Si bien los requerimientos de concentración exigidos por la industria generalmente son alcanzados, año tras año, las condiciones ambientales varían y pueden obtenerse valores de proteína menores (Rotundo y Westgate, 2009). Una forma de reducir este déficit es plantando soja de alta proteína (Rotundo y col., 2009).

En Argentina hasta el año 2002 no se encontraban incentivos para sembrar variedades específicas con mayor contenido de proteína y/o aceite. En el germoplasma de soja se encuentran genotipos con valores de proteína mayores al 47% sss, pero con muy bajo contenido de aceite.

Las variedades cultivadas en la región pampeana norte y sur (Zona Núcleo) fueron seleccionadas priorizando altos rendimientos y como consecuencia de ello encontraron que el contenido de aceite es alto, no así el de proteína. En la **Figura II.5.3.1.a** se puede observar como fue disminuyendo el valor promedio de proteína de las variedades argentinas integrantes de la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de Soja (RECSO), en 11 años la caída fue de 1,4% (Cuniberti y Herrero, 2006).

La industria aceitera argentina tiene problemas en la producción de harinas proteicas con más de 44% de proteína. Cuando se pretende producir una harina "Hypro" con un contenido de proteína de 46% o mayor, con 11% de humedad es necesario partir de una materia prima de mayor valor proteico, por lo que este sector de la industria, actualmente demanda una soja argentina más alta en proteína (Baigorri y Pereyra, 2002).

Se ha observado que existe una relación con la (FS), fecha de siembra, (Brown, 2006b). A medida que la FS se atrasa, desde noviembre a enero, el contenido de proteína aumenta y el de aceite disminuye (Cuniberti y col., 2005).

También se halló que existe una interacción genotipo x ambiente en la expresión del contenido de aceite y proteína. Las altas temperaturas y el estrés hídrico producen menor proteína y mayor aceite (Carrera y col., 2009).

En los GM más largos existe una tendencia de mayor contenido de proteína y menor de aceite (Cuniberti y col., 2000).

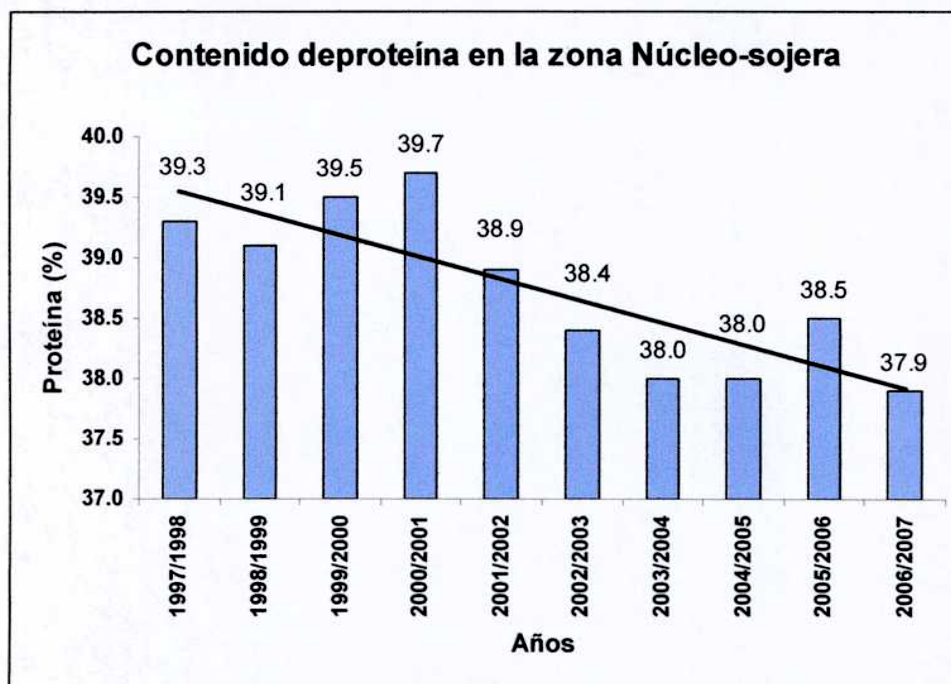


Figura II.5.3.1.a Contenido de proteína en la zona Núcleo-Sojera. Muestreo en ACOPIOS Campañas 1997/98 a 2006/07, (Cuniberti y Herrero, 2006).

II.5.3.2. Composición de aminoácidos

Si bien la soja es considerada como una fuente deficiente en aminoácidos azufrados respecto de la carne, contiene los once aminoácidos esenciales requeridos por los seres humanos y animales a saber arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina y cistina, siendo la metionina el aminoácido limitante seguido por la cisteína y posiblemente la treonina (Paek y col., 1997; Zarkadas y col., 2007).

Friedman y Brandon (2001) hallaron que el contenido de metionina de la harina de soja de la variedad Williams 82 y de L81-4590 era en general de 0,65 g/100 g de materia seca, lo que corresponde a 1,39 g/16 g de nitrógeno, el cual es menor que el aportado por proteínas provenientes de cereales o carne. Aunque la cistina

tiene un efecto compensador sobre la metionina, este no alcanza para compensar los bajos niveles de metionina. El problema se agrava por dos razones. En primer lugar durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos que contienen soja, tanto la L-metionina como otros aminoácidos se modifican químicamente, reduciendo su valor nutricional (Panthee y col., 2006). En el caso de la metionina, tales modificaciones incluyen la oxidación a metionin- sulfoxido y metionin- sulfona, racemización a D-metionina, y degradación a compuestos con propiedades organolépticas indeseables. En segundo lugar es poco utilizada la metionina unida a proteína en ciertas plantas comestibles, debido a su baja digestibilidad, para superar estos problemas, se realizaron esfuerzos para desarrollar tipos de soja que sobreexpresaran proteínas enriquecidas en metionina.

La baja disponibilidad nutricional de la cisteína y metionina en alimentos que contienen soja sin procesar se debe a la baja digestibilidad de estos, comparados con la utilización de esos mismos aminoácidos en alimentos sometidos a tratamientos térmicos. Aunque la adición de metionina a proteína de soja consumida por adultos no tiene un efecto significativo sobre el valor nutricional, cuando la ingesta de nitrógeno es adecuada la adición de metionina a fórmulas infantiles que contienen soja incrementa la retención de nitrógeno en niños desnutridos (Friedman y Brandon, 2001).

Si bien, como ya hemos mencionado, la soja es deficitaria en aminoácidos azufrados, su contenido de lisina y triptofano es alto, pudiendo así mejorar la calidad de la proteína proveniente de cereales, donde el triptofano es generalmente el segundo aminoácido limitante después de la lisina. El triptofano es un aminoácido que regula numerosos mecanismos fisiológicos y es convertido en sustancias con alto valor biológico. Es necesario para la síntesis de proteínas y es el precursor de serotonina, melatonina y nicotinamida y por lo tanto participa en la síntesis de coenzimas NAD. Comai y col. (2006) encontraron en soja triptofano no solo unido a proteínas sino también en forma no proteica y esta última se encuentra presente también en alimentos tales como leche, cereales y en legumbres. Según Friedman y Cuq (1988), ambas formas son estables durante el procesamiento y almacenamiento, solo el contenido de triptofano es afectado cuando se lo somete a tratamientos severos. Este aminoácido se presenta también ligado a la fracción proteica soluble en agua y a la extraíble a pH 8,9. El triptofano libre parece estar siempre accesible,

mientras que esto no ocurre con el triptofano unido a proteínas o en la fracción soluble en agua. En realidad esta fracción se encuentra ausente en las semillas de soja, lentejas y habas. Según estos mismos autores la harina de soja contiene valores de triptofano proteico calculado en base seca que superan a los de otras legumbres tales como porotos, lentejas y lupines (Comai y col., 2006).

La Tabla II.5.3.2.a nos muestra el contenido de aminoácidos esenciales proveniente de distintos alimentos, allí se puede apreciar que la proteína de soja presenta un contenido de lisina intermedio entre la proteína de cereales (harina de trigo) y proteínas animales (caseína). Aunque la concentración de lisina de la proteína de soja es suficiente para mantener el crecimiento y desarrollo de mamíferos incluyendo humanos, se están desarrollando variedades de soja con un contenido mayor de lisina. Este desarrollo es debido a que la lisina puede perderse durante el procesamiento y el almacenamiento. Las pérdidas son debidas principalmente a la reacción de Maillard del ϵ -NH₂ de la lisina con carbohidratos para producir fructosil-lisina. También se observa que a altos pH se produce un cross-linking de lisina para formar lisinoalanina y una conversión de L-lisina a D-lisina (Friedman y Brandon, 2001). Ni la lisinoalanina ni la D-lisina pueden ser utilizadas como fuente de lisina. El contenido de lisina de las proteínas de soja en presencia de carbohidratos, cuando son sometidos a un calentamiento, puede disminuir hasta un 85% (Mao y col., 1993).

Aminoácidos	Contenido de aa (mg/g de proteína)					Requerimientos sugeridos por FAO/WHO			
	ANRC caseína	Carne	Clara de huevo	Proteína de soja	Harina de trigo	1 año	2-5 años	10-12 años	Adulto
Treonina	46,4	42,1	46,8	38,4	29,3	43	34	28	9
Cis + Met	34,9	32,7	66,4	68,1	38,7	42	25	22	17
Valina	68,5	45,4	67,8	49,1	42,7	55	35	25	13
Isoleucina	53,6	41,8	52,8	47,1	33,4	46	28	28	13
Leucina	101,6	77,5	87,6	85,1	68,5	93	66	44	19
Tir + Fenilal	125,4	70,2	90,8	96,6	77,8	72	63	22	19
Histidina	29,7	32,0	22,5	25,4	21,9	26	19	19	16
Lisina	84,4	79,4	69,8	63,4	26,6	66	58	44	16
Triptofano	13,1	9,9	14,6	11,4	11,2	17	11	9	5

Cis = Cisteína, Met = Metionina, Tir = Tirosina, Fenilal = Fenilalanina

Tabla II.5.3.2.a Aminoácidos esenciales de distintos orígenes y requerimientos sugeridos por FAO (Friedman y Brandon, 2001)

Smith y Friedman (2006), observaron un comportamiento similar con la caseína. La pérdida del valor nutritivo parece estar relacionado con la digestibilidad más que con la destrucción de aminoácidos (Smith y Friedman, 2006).

En contraste a lo que ocurre en la nutrición de roedores y humanos, la utilización de proteínas por rumiantes se ve mejorada por una modificación química y por tratamiento térmico. Los tratamientos térmicos que producen una pérdida de 15-22% de lisina disponible, también producen una óptima protección postruminal de las proteínas con respecto a la degradación por parte de las bacterias (Friedman y Brandon, 2001). Las proteínas procesadas térmicamente resisten la ruptura llevada a cabo por las bacterias en el rumen.

Por otra parte el contenido de aminoácidos es importante no solo desde el punto de vista nutricional sino también porque contribuyen al sabor de los alimentos elaborados con soja tales como sufu, influyendo en la aceptación del consumidor. En alimentos como el tofu el perfil de aminoácidos totales en base seca permanece constante mientras que el contenido de aminoácidos libres aumenta cuando se produce la maduración del tofu para elaborar otros productos, por ejemplo sufu; este incremento es debido a la actividad proteolítica llevada a cabo durante el crecimiento fúngico. En el caso del sufu durante la maduración se produce un aumento en los aminoácidos hidrofóbicos tales como valina, isoleucina y leucina y un decrecimiento en aquellos aminoácidos hidrofílicos. Se ha encontrado predominio del ácido glutámico tanto en sufu como en alimentos fermentados elaborados con soja. Este ácido en combinación con la sal (NaCl) contribuye al "flavour" de estos alimentos (Han y col., 2004).

El ácido glutámico unido a proteína es un neuroestimulante responsable de la conducción de la señal en el sistema nervioso de humanos y animales. La soja es la mayor fuente de glutámico, el cual es precursor del ácido γ -amino butírico (GABA). Los aminoácidos no proteicos encontrados en semillas de legumbres y en plántulas pueden tener similitudes químicas y farmacológicas con los aminoácidos de origen proteico o con compuestos de importancia fisiológica y esto puede tener consecuencias beneficiosas para la salud humana. Un ejemplo de ello es el GABA, este aminoácido se ha comprobado *in vivo* que reduce la presión arterial (Martínez-Villaluenga y col., 2006).

La prolina desempeña un rol importante como protector durante el estrés hídrico, su incremento junto con los de otros solutos producen un descenso de la presión osmótica. Este proceso, conocido como ajuste osmótico, es uno de los principales mecanismos que asegura la adaptación de las plantas en situaciones de limitada disponibilidad de agua. Asimismo se ha postulado que la prolina participa en la detoxificación de especies reducidas del oxígeno. Cambios en la concentración de este aminoácido influyen en la solubilidad de varias proteínas debido a su interacción con residuos hidrofóbicos de las mismas (Simon-Sarkadi y col., 2005).

La composición tanto de la semilla de soja como de los alimentos balanceados elaborados con esta leguminosa varía dependiendo del país de origen y de las condiciones de procesamiento. Karr-Lilienthal y col. (2004) reportaron, como ya mencionamos, diferencias en el contenido de proteína cruda entre sojas provenientes de cinco países, siendo la proveniente de China la de mayor contenido de proteína y la de Argentina la de menor concentración. Como se observa en la **Tabla II.5.3.b** la concentración total de aminoácidos, la de aminoácidos esenciales y no esenciales sigue la misma tendencia que la de la proteína cruda, aquellas muestras con alto contenido de proteína cruda también poseen altas concentraciones de aminoácidos esenciales y no esenciales. Una muestra de soja argentina, como los alimentos balanceados elaborados con ella contienen bajas concentraciones de muchos de los aminoácidos esenciales, comparadas con muestras de soja de diferentes países (Karr-Lilienthal y col., 2004).

Se llevaron a cabo análisis de la composición de aminoácidos, carbohidratos y grasas en balanceados preparados con semillas correspondientes a cultivares de distinto grupo de madurez recolectados a distintos tiempos y se observó que las concentraciones de arginina, lisina y metionina eran diferentes en los balanceados preparados en distintas zonas de EE.UU. Los grupos de madurez iban del 0 al IV en la zona norte de EE.UU. y del V al VIII en la región sur del mismo país. Las concentraciones de arginina e histidina y metionina variaban según las zonas.

También variaban las concentraciones de histidina, isoleucina, leucina, lisina metionina, treonina, valina dependiendo del tiempo de recolección (Karr-Lilienthal y col., 2005). En este mismo estudio se observó que las diferencias en las concentraciones de aminoácidos cuando se modificaba el tiempo de recolección era

un indicador de la variación de la composición de la soja que llegaba a las plantas procesadoras en diferentes fechas.

	Argentina	Brasil	China	India		EE.UU.
				Baja calidad	Alta calidad	
	% en base húmeda					
Masa seca	91,0	90,5	90,6	93,2	91,9	90,1
	% en base seca					
Materia orgánica	94,4	95,1	93,8	94,5	94,8	94,9
Proteína Cruda	32,6	39,3	44,9	37,5	39,6	37,1
Grasa ácida hidrolizada	14,1	13,6	12,9	13,1	12,8	15,1
Fibra insoluble	23,3	22,6	23,4	24,9	22,4	22,4
	% de aminoácidos esenciales en base seca					
Arginina	2,24	2,82	3,42	2,64	2,88	2,79
Histidina	0,90	1,05	1,19	1,03	1,08	1,03
Isoleucina	1,51	1,66	2,06	1,68	1,84	1,8
Leucina	2,47	3,04	3,41	2,80	3,09	2,94
Lisina	2,07	2,41	2,69	2,38	2,48	2,37
Metionina	0,48	0,54	0,64	0,54	0,54	0,53
Fenilalanina	1,63	2,08	2,33	1,91	2,03	1,95
Treonina	1,25	1,48	1,62	1,44	1,47	1,40
Triptofano	0,55	0,36	0,53	0,58	0,49	0,44
Valina	1,70	1,80	2,20	1,74	1,98	1,95
	% de aminoácidos no esenciales en base seca					
Alanina	1,46	1,70	1,90	1,58	1,71	1,64
Aspartato	3,44	4,27	5,00	4,13	4,36	4,10
Cistina	0,59	0,57	0,72	0,62	0,57	0,63
Glutamato	5,35	6,86	7,86	6,72	7,28	6,64
Glicina	1,48	1,70	1,88	1,55	1,76	1,68
Prolina	1,31	1,70	1,95	1,72	1,75	1,67
Serina	1,31	1,75	1,81	1,65	1,75	1,54
Tirosina	1,15	1,46	1,56	1,39	1,42	1,35
Aminoácidos esenciales	14,8	17,2	20,1	16,7	17,9	17,2
Aminoácidos no esenciales	16,1	20,0	22,7	19,4	20,6	19,3
Aminoácidos	30,9	37,3	42,8	37,6	38,5	36,5

Tabla II.5.3.b Composición química de una muestra individual de soja proveniente de cinco países diferentes (Karr-Lilienthal y col., 2004)

Esta variación podía deberse a la variedad genética y/o diferencias en las prácticas agrícolas empleadas por productores. Cuando se referían a aminoácidos no esenciales las concentraciones de alanina, cisteína, glutámico y glicina variaban entre grupos de madurez y según el tiempo de recolección (Karr-Lilienthal y col., 2005).

La concentración de proteínas de las semillas puede ser afectada por factores ambientales. Karr-Lilienthal y col. (2005) observaron que el porcentaje de proteína se incrementa linealmente con la temperatura por sobre los 28° C en el lugar de crecimiento. Se apreciaba un marcado incremento de la concentración de proteínas y de metionina cuando la temperatura diaria durante el crecimiento se incrementaba de 30° a 33° C. La temperatura tenía un efecto directo sobre la disponibilidad de sacarosa y la utilización que hacía de ésta la planta. A mayor temperatura el carbono proveniente de la sacarosa es incorporado al aceite dentro de la semilla. Las diferencias de temperatura entre las zonas pueden jugar un rol en la concentración de proteína encontrada y por lo tanto en los alimentos preparados a base de esta semilla. Karr-Lilienthal y col. (2005) plantearon que una variación en las prácticas agrícolas usadas durante el desarrollo del cultivo tales como fertilizantes nitrogenados, uso de irrigación y fecha de siembra pueden influir en las concentraciones de proteína y aceite en la semilla.

Las diferencias de la proporción de las proteínas de almacenamiento se reflejan en diferencias en la proporción de aminoácidos encontrados en la semilla. Contrariamente a lo expresado por Kitamura (1995) se piensa que β -conglucina tiene mayor cantidad de aminoácidos azufrados.

Se encontraron diferencias en la proporción de glicina, β -conglucina y sus subunidades en 14 cultivares diferentes y en 7 localidades para un mismo grupo de madurez. Quizás las diferencias existan en la proporción y tipo de almacenamiento de proteínas entre cultivares y entre grupos de madurez, las que pueden afectar la composición de aminoácidos de la soja (Karr-Lilienthal y col., 2005).

A principios de los '80 estudios fisiológicos y bioquímicos del transporte de compuestos asimilables dentro del fruto confirmaron que el desarrollo de la semilla está físicamente desconectado de la planta (Thorne, 1980, 1981).

El tegumento (tejido materno) libera, mediante procesos metabólicos y transporte especializado, compuestos asimilables al apoplasto que son captados dentro de los cotiledones embrionarios. La sacarosa y los aminoácidos,

principalmente la aspargina y glutamina, son las principales fuentes de carbono y nitrógeno disponible para el desarrollo del embrión en la planta (Hsu y col., 1984; Rainbird y Thorne, 1984).

Glutamina es la fuente de nitrógeno preferida para el crecimiento, *in vitro*, de la semilla en desarrollo y los cotiledones en desarrollo tienen una capacidad limitada para asimilar otras formas de nitrógeno y ninguna para asimilar nitrógeno inorgánico (Hernández-Sebastiá y col., 2005; Vernooy y col., 1986). Este aminoácido es la mayor y más eficiente fuente de nitrógeno transportada hacia las semillas para la síntesis de proteínas, aunque la aspargina y otros aminoácidos también están presentes, pero en menor cantidad (Rainbird y Thorne, 1984; Vernooy y col., 1986).

El metabolismo y la interconversión del ingreso de aminoácidos a las células del cotiledón aparentemente varía con los estados de desarrollo de la semilla. Aspargina, ácido α -aminobutírico e histidina predominan en las semillas más jóvenes, mientras que alanina, ácido glutámico y arginina prevalecen en los estadios medios y triptofano y glucosamina sobresalen en los últimos estadios del desarrollo de la semilla.

En las últimas etapas del desarrollo del cotiledón se observó un aumento en la captación de glutamina, metionina y leucina que está relacionado con la senescencia de la hoja y permitiría al cotiledón continuar acumulando aminoácidos, carbono, nitrógeno y aumentar en peso seco, aún después de la interrupción del suministro de sacarosa (Vernooy y col., 1986).

La conversión de estas amidas, aspargina y glutamina, en otros aminoácidos necesarios para la síntesis de las proteínas de almacenamiento, requiere de esqueletos carbonados provenientes de la sacarosa. La descomposición de la aspargina es catalizada por la asparaginasa, la cual libera nitrógeno para su reasimilación vía la reacción catalizada por la glutamintasintetasa (Hernández-Sebastiá y col., 2005).

En el análisis de dos tipos de cultivares de alta (NC106) y baja proteína (NC103), realizado por Hernández-Sebastiá y col. (2005), se halló que tanto en el tegumento, el apoplasto y el cotiledón, la aspargina era el aminoácido de mayor concentración. A su vez, en el cotiledón la concentración de aspargina era mayor en el cultivar de alta proteína que en el de baja. En el tegumento el contenido de aspargina era similar en ambos cultivares y no era función del fotoperíodo.

En esta misma experiencia se observó que, en las semillas en desarrollo, la asparagina era el aminoácido mas abundante con un rango de 33-49% de los aminoácidos libres para los distintos cultivares. Los aminoácidos mayoritarios asparagina, glutamina y ácido glutámico alcanzaban el 65% del total de aminoácidos. Entre los minoritarios la alanina presentaba la mayor concentración. Estos resultados eran consistentes con la noción que el factor que controlaba la composición de la semilla era el aporte de nitrógeno dentro del cotiledón (Hernández-Sebastiá y col., 2005).

Arginina es un compuesto rico en nitrógeno y es la mayor forma que tienen las plantas de almacenar nitrógeno, inclusive la soja (Micallef y Shelp, 1989 a, b, c). La arginina es un aminoácido no esencial para mamíferos, sin embargo los infantes y animales prematuros no pueden sintetizar cantidades suficientes de ella y necesitan obtenerla de los alimentos (Wu y col., 2000). Este aminoácido contribuye en muchos aspectos a la fisiología de los mamíferos (Hernández-Sebastiá y col., 2005).

En la soja que no ha alcanzado la madurez total de los 17 aminoácidos detectados en la semilla, arginina, serina, ácido glutámico, glicina y leucina aumentan linealmente con el desarrollo de la semilla, mientras que histidina y alanina disminuyen linealmente, aunque se detecta variaciones según los cultivares (Yazdi-Samadi y col., 1977). También se observa una disminución de los aminoácidos libres totales, lo que provoca que la soja verde posea un mejor sabor que la semilla madura (Mohamed y Mentreddy, 2004).

Los últimos análisis sobre composición de aminoácidos de genotipos argentinos accesible son los que se encuentran en la base de datos del ILSI correspondientes a los años 1998 - 1999, a excepción de una muestra analizada en el año 2004 por Karr-Lilienthal y col.(2004).

II.5.3.3. Aceite

Durante el desarrollo de la semilla, la soja almacena lípidos principalmente en forma de triglicéridos, en organelas conocidas como cuerpos oleosos o esferosomas (Liu, 2004).

En la **Tabla II.5.3.3.a** se presenta el rango de ácidos grasos para los distintos germoplasmas de soja publicado por Directorate (2001).

El aceite crudo está fundamentalmente constituido por fosfolípidos, di y tri glicéridos. Entre los fosfolípidos se encuentran la fofatidilcolina, fofatidiletanolamina y fofatidilinositol que cumplen una función estructural en la membrana de las células y pueden estar metabólicamente involucrados en la síntesis de triglicéridos (Wilson y col., 1980). Cada clase de glicérido está compuesto por distintas combinaciones de cinco ácidos grasos, palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico (16:0, 18:0, 18:1, 18:2 y 18:3) o grupos polares esterificados en esteroposiciones *sn-1*, *sn-2* y *sn-3* (Wilson, 2004).

Ácidos Grasos	Rango (% sss)
Palmítico, C16:0	1,44-2,31
Esteárico, C18:0	0,54-0,91
Oleico, C18:1	3,15-8,82
Linoleico, C18:2	6,48-11,6
Linolénico, C18:3	0,72-2,16
Araquídico, C20:0	0,04-0,7

Tabla II.5.3.3.a Composición de ácidos grasos sobre sustancia seca (sss) de la semilla de soja (Directorate, 2001).

La soja es una de las pocas fuentes que contiene ácido linoleico y linolénico, considerados ácidos grasos esenciales ya que no pueden ser sintetizados por el hombre.

El aceite de soja es único entre los aceites vegetales comunes, debido a su alto contenido en ácido linolénico (Kumar y col., 2006b). Muchos de los aceites vegetales, incluyendo aceite de algodón, maní, girasol, maíz, palma y oliva contienen menos de 1% de ácido linolénico, mientras que la soja contiene entre 6 a 8% del mismo. Este ácido omega-3 tiene muchas propiedades, entre ellas beneficios para la piel y para la prevención de las enfermedades del corazón, pero también es el mayor culpable de los problemas de estabilidad de las propiedades organolépticas (Smith, 2006; White, 2008).

Se han desarrollado variedades de soja que presentan aceite de mejor calidad, es decir, con menores concentraciones de 16:0 y 18:3. Ray y col. (2008) estudiaron el

efecto de la fecha de siembra de cultivares con modificaciones en el contenido de ácidos grasos (cultivares de baja concentración de 16:0, de baja concentración de 16:0 + 18:3 y de bajo contenido de 18:3) sembrados en Carolina del Sur durante los años 2001, 2003 y 2004. Ellos observaron que la fecha de siembra tuvo un efecto importante sobre el contenido de proteína, aceite, ácido palmítico y ácido linolénico. Hubo una disminución de la cantidad de 16:0 en las fechas de siembra tardías, mientras que para las fechas de siembra tempranas se observó una disminución de 18:3, por lo cual se podría manipular la fecha de siembra para reducir estos ácidos, aunque la magnitud de ésta reducción varía con el genotipo (Ray y col., 2008).

Los ácidos grasos son sintetizados por la planta a diferentes velocidades durante el período de llenado de la vaina. Se ha comprobado que el pico de mayor acumulación de proteína, aceite carbohidratos y masa seca ocurre en el estado R_{5.5}, o sea en la mitad del período de llenado del grano, entre los 35-37 días después de la floración (Burton y col., 1999; Burton y Wilson, 1994).

Bennett (2005b) entre las variedades que estudió, observó que la soja correspondiente a los GM II al IV exhiben un mayor contenido de aceite, mientras que las que pertenecen a GM VIII son más altas en proteínas.

Existen variedades modificadas genéticamente para obtener cultivares con alta concentración de proteína como por ejemplo "Prolina", y otros con alto contenido de aceite como el "NC-Raleigh" ambos cultivares fueron desarrollados por el Departamento de Agricultura de EE.UU. (Burton y col., 1999; Burton y Wilson, 1994, 2006).

Existe poca evidencia bibliográfica para poder concluir porque ciertas variedades de soja son altas en proteína y otras en aceite y así poder predecir que genotipos tendrán altos porcentajes en estos componentes. Settlage y col. (1998) hallaron una fuerte correlación positiva entre la máxima velocidad de acumulación de aceite (en la mitad del desarrollo de la semilla) y la concentración de aceite en la semilla madura, A su vez la actividad diacilglicerol aciltransferasa (DGAT), enzima que cataliza la síntesis de triglicéridos a partir de acetil-CoA y diacilglicerol, medida en la semilla, cerca y en el máximo del depósito de aceite, correlaciona positivamente con aquellos genotipos altos en aceite.

Aunque la concentración de aceite en las variedades de soja es una característica cuantitativa (fenotípica), la actividad de la DGAT puede resultar un

indicador de la expresión genética coordinada de la relación gen-producto en la vía de la síntesis de glicérido para un dado genotipo en aceite. La variación de la actividad de la DGAT es posiblemente un factor que contribuye a la variación del contenido de aceite entre los genotipos de soja.

La soja también contiene varios componentes minoritarios como tocoferoles, esteroides e isoflavonas. Los tocoferoles actúan protegiendo a los ácidos poliinsaturados de la descomposición oxidativa (Carrao-Panizzi y Erhan, 2007). Tocoferoles y esteroides pueden ser aislados como subproductos en el proceso de desodorización durante la refinación del aceite. La soja es una fuente comercial de α -tocoferol (vitamina E), fitoesterol y estigmasterol, estos últimos usados para la síntesis de hormonas esteroideas y productos farmacéuticos

Durante el procesamiento, los componentes extraídos con solventes orgánicos como hexano o por prensado (**Figura II.5.3.3.a**), reciben la denominación de aceite crudo.

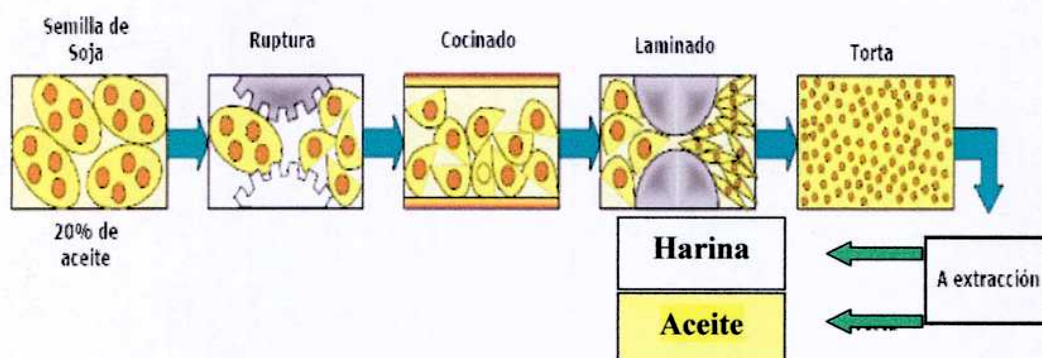


Figura II.5.3.3.a Proceso de obtención de aceite (Facultad de Ingeniería, 2009)

Los componentes mayoritarios del aceite crudo son triglicéridos y entre los minoritarios podemos incluir fosfolípidos, ácidos grasos libres, material insaponificable y trazas de metales. El insaponificable está constituido por tocoferoles, fitoesteroides e hidrocarburos. Las concentraciones de estos compuestos minoritarios se ven reducidas por el proceso de refinamiento, obteniéndose a través de él, un aceite que contiene 99% de triglicéridos. Existe una amplia variación genética en la composición de ácidos grasos del aceite de soja, esto se debe a la existencia de distintos cultivares. Directorate (2001) plantea un rango de composición

de ácidos grasos del aceite de soja que, a título de ejemplo, se puede observar en la **Tabla II.5.3.3.b**.

A través de modificaciones genéticas se trató de obtener a partir de la década del '70 aceites con menor porcentaje de 18:3 para poder minimizar los procesos de hidrogenación y poder elaborar productos con aceite de soja que tuvieran mayor estabilidad en cuanto a sus propiedades organolépticas. En la década de los '80, la preocupación por la salud de los consumidores estimuló el desarrollo de soja con menores niveles de grasas saturadas, 16:0 y 18:0. Este tipo de aceite se lo utiliza en la elaboración de margarinas, mayonesas, aderezos para ensaladas, etc. Durante los '90 esa misma preocupación se focalizó en evitar las "grasas- trans" (isómeros trans de ácidos grasos insaturados), dichos isómeros se formaban durante la hidrogenación de ácidos insaturados "cis" (Wilson, 2004).

Ácidos Grasos	% de Aceite (Rango)
Palmítico, C16:0	7-12
Esteárico, C18:0	2-5
Oleico, C18:1	19-34
Linoleico, C18:2	48-60
Linolénico, C18:3	2-10
Araquídico, C20:0	<10

Tabla II.5.3.3.b Composición de ácidos grasos del aceite de soja.
(Directorate, 2001)

Los tres mayores países productores de aceite de soja, por orden de producción son: EEUU, Brasil y Argentina, siendo Argentina el primer exportador mundial de este producto (Franco, 2005; Gudynas, 2007; USDA, 2008b).

La soja argentina presenta en los últimos años, tal como fue mencionado previamente, un alto contenido de aceite y relativamente baja proteína, sobre todo en la zona Pampeana Norte y Pampeana Sur. Esto se debe a factores ambientales y genéticos. (Cuniberti y col., 2000).

Las variedades cultivadas en la Argentina provienen de programas de mejoramiento para rendimiento y resistencia a enfermedades durante el cultivo, sin

un objetivo específico para incrementar el nivel de proteína o aceite (Herrero y col., 2006). Las variedades de mayor difusión tienen tendencia genética a producir mayor aceite que proteína. Esto hace que la harina de soja presente valores de proteína inferiores en un 2 a 3 % a los deseados (Cuniberti y Herrero, 2007).

El alto contenido de aceite de la soja argentina es muy beneficioso para la industria aceitera, pero en los últimos años se han obtenido aceites con un mayor contenido de ácido linolénico, siendo cuestionadas algunas partidas para exportación. Se analizaron distintos factores como la expansión de soja transgénica, la fecha de siembra, los grupos de madurez, la latitud y los cambios climáticos. Se observó que las localidades del norte argentino y los cultivares sembrados tempranamente, en los que llenado de granos coincide con altas temperaturas, producen aceites con mayor contenido de ácido oleico y menor en linolénico. El ácido linoléico decrece con las FS tardías, los GM más largos y las latitudes más altas, mientras que el linolénico aumenta (Cuniberti y col., 2005).

II.5.3.4. Carbohidratos y oligosacáridos

Los carbohidratos constituyen el 36% de la materia seca en la semilla madura (Gomez, 1981). Estos son almidón, sacarosa, otros azúcares solubles y oligosacáridos como rafinosa y estaquiosa.

Los carbohidratos insolubles celulosa, hemicelulosa, pectinas y pequeñas cantidades de almidón son componentes estructurales que se encuentran en las paredes de la células. El tegumento representa el 8% del peso seco de la semilla (Liu, 2004).

Según se ha determinado por microscopía electrónica (Thorne, 1981) y por análisis químicos, el almidón es el carbohidrato predominante en el desarrollo temprano de la semilla.

El almidón presenta su máxima velocidad de depósito cerca de la mitad del período de llenado del grano R_{5,5}, luego declina y es casi nula en la madurez de la semilla. Conjuntamente con la hidrólisis del almidón, comienzan a acumularse azúcares solubles (glucosa, fructosa, sacarosa) debido a la actividad de la invertasa y la sacarosa sintetasa. La acumulación de rafinosa y estaquiosa ocurre en la etapa tardía del desarrollo de la semilla (Wilson, 2004). La fecha de siembra influye significativamente en el contenido de sacarosa, rafinosa y estaquiosa (Brown, 2006b).

Por otra parte Brown (2006c), halló en los cultivares 5346, 5347, 5349, 53465445, 533559A y 534022, sembrados en el Norte de Missouri, diferencias significativas en la composición del grano de soja entre localidades.

Estos oligosacáridos son considerados antinutrientes debido a que el ser humano carece de α -galactosidasa, enzima que cliva las uniones α -galactosídicas de estos carbohidratos. Al llegar intactos a la última porción del intestino producen gases como CO_2 , H_2 , N_2 y metano (CH_4), resultando ser los causantes de flatulencia (Liu, 2004; Rackis, 1974). Estos compuestos están presentes en la soja cruda y en harina desgrasada de soja (Padgett y col., 1996). El contenido de rafinosa en la semilla de soja es 0,1 a 0,9g /100g sobre base húmeda, mientras que el contenido de estaquiosa oscila entre 1,4 a 4,1g/100g. El procesamiento de la harina para convertirla en concentrado o aislado, reduce o remueve estos oligosacáridos (Directorate, 2001).

II.5.3.5. Vitaminas y Minerales

La soja contiene vitaminas hidrosolubles y liposolubles. Entre las vitaminas hidrosolubles se encuentran principalmente la tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico. Éstas no se pierden totalmente durante la extracción del aceite, ni en el posterior calentamiento, como por ejemplo un tostado para la obtención de hojuelas (Liu, 2004).

En harina de soja la recuperación de tiamina llega a ser del 84% y de riboflavina del 95%, encontrándose en la literatura que los rangos hallados son del 6,26 a 6,8 $\mu\text{g/g}$ y de 0,92 a 1,19 $\mu\text{g/g}$ para tiamina y riboflavina, respectivamente. Sin embargo con el proceso de elaboración de tofu se produce una notable pérdida, reteniéndose entre un 7,6 a un 15,7% de tiamina y entre un 11,7 a un 21,1% de riboflavina (Sharma y Murphy, 2002).

Las cantidades de ácido ascórbico (vitamina C) son insignificantes en la soja madura, aunque se encuentra presente en cantidades mensurables en la semilla inmadura o germinada (Bates y Matthews, 1975).

Las vitaminas liposolubles presentes en la soja son vitamina A y E. La vitamina A existe principalmente como su precursor β -caroteno y al igual que el ácido ascórbico las cantidades son insignificantes en la semilla madura, pero si medibles en la semilla inmadura o germinada (Bates y Matthews, 1975).

Los α -, β -, γ -, δ - tocoferoles constituyen una familia de antioxidantes lipofílicos de los cuales el 2R- α tocoferol es conocido como vitamina E. No solo es importante la vitamina E por sus propiedades antioxidantes sino también desde el punto de vista nutricional. La semilla de soja contiene altas concentraciones de tocoferol total que incluye γ -T, δ -T, α -T y β -T en orden decreciente de concentración. El γ -tocopherol constituye del 50 al 60% del tocoferol total, mientras que el α -tocopherol representa del 5 al 10% del tocoferol de la semilla (Britz y col., 2008; Carrao-Panizzi y Erhan, 2007; Kumar y col., 2009).

El procesamiento de la soja para convertirla en tofu hace que se pierda entre un 30 a un 47% de vitamina E, no obstante el tofu resulta ser una mayor fuente de tocoferol que la semilla medida en base seca.

Durante la refinación disminuye la concentración del tocoferol total, siendo el γ -tocopherol el que más disminuye. Los isómeros se pierden en el proceso de desodorización.

Los componentes minerales son el potasio, que se encuentra en gran cantidad, seguido por fósforo, magnesio, azufre, calcio, cloruro y sodio. Los contenidos de estos minerales se encuentran en un rango entre 0,2 a 2,1 % en promedio. Los minerales que se hallan en menor proporción son silicio, hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno, fluor, cromo, selenio, cobalto, cadmio, plomo, arsénico, mercurio e yodo. Los contenidos de estos minerales oscilan entre 0,01 a 140 ppm (Liu, 2004). Muchos minerales son incorporados al grano requeridos por la genética de la semilla, pero su concentración depende de la disponibilidad de éstos en los suelos (Karr-Lilienthal y col., 2004).

II.5.3.6. Otros componentes

La lecitina es el principal subproducto del aceite refinado y constituye del 0,5 al 1,5% del peso de la semilla, o del 1 al 3% del aceite crudo. Los fosfolípidos, ya nombrados al mencionar los insaponificables, que están presentes en la semilla son fosfatidil colina (lecitina), fosfatidil etanolamina, fosfatidil inositol y ácido fosfatídico, éstos se encuentran en la membrana celular. Son extraídos del aceite en el proceso de degomado y actúan como agentes emulsificantes. La lecitina es una fuente importante de colina (Liu, 2004).

Las sales de ácido fítico son la principal fuente de fósforo de la semilla. La semilla de soja contiene entre un 1,00 a un 1,47% sss (sobre sustancia seca) de fitatos. Desde el punto de vista nutricional son importantes ya que comprometen la biodisponibilidad de minerales formando quelatos con Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} y Fe^{3+} evitando su absorción en el intestino (Liener, 1994; Toda y col., 2006).

Las lectinas son proteínas que tiene la habilidad de aglutinar células, están presentes en la semilla y en otras partes de la planta. Se caracterizan por su alto contenido en 4-hidroxiprolina. Desde el punto de vista nutricional son consideradas antinutrientes por su comportamiento como hemoglutininas (Liu, 2004).

La soja contiene un alto porcentaje de isoflavonas, entre 0,1 y 0,4% sss. Las isoflavonas, principalmente daidzeína y genisteína, son componentes de la harina de soja y se cree que poseen propiedades antioxidantes (Liu, 2004; Wilson, 2004), aunque estudios realizados por Ju y col. (2006), en ratones que carecen del timo, demostraron que el consumo de suplementos dietarios en los cuales la concentración de genisteína es elevada (más de 100 ppm por dosis) puede estimular el crecimiento de tumores en mujeres postmenopáusicas con cáncer estrógeno-dependiente.

Por último podemos mencionar los inhibidores de proteasa. Éstos agregados a una mezcla de enzima (tripsina o quimotripsina) y sustrato producen una disminución de la velocidad de ruptura del sustrato. En la soja se han aislado dos tipos de inhibidores: Kunitz y Bowman-Birk (Liu, 2004). Dietas elaboradas con soja y conteniendo estos inhibidores de proteasa reducen el crecimiento de ratones y producen una hipersecreción pancreática de tripsina y quimotripsina. También se les adjudica a estos inhibidores la presencia de adenomas pancreáticos. El calentamiento inactiva dichos inhibidores pero puede destruir ciertos aminoácidos esenciales tales como cistina, metionina y lisina (Friedman y Brandon, 2001).

II.6. La semilla y su relación con el medio ambiente

II.6.1. Aspectos agroecológicos del cultivo de soja

La elección del cultivar es una de las decisiones más importantes en la definición del potencial del rendimiento del cultivo y a su vez es extremadamente complicada debido a que se tienen que considerar la interacción genotipo-ambiente y su relación con la fecha de siembra y estructura del cultivo (Robasco y col., 2006).

A modo de ejemplo se observan en la **Tabla II.6.1.a** las etapas de un ciclo que se distribuyen a lo largo del año.

Para realizar una evaluación precisa de las variedades de soja es necesario conocer algunos factores que influyen marcadamente sobre su comportamiento en condiciones de campo, destacándose entre ellos fotoperíodo, grupos de maduración, hábito de crecimiento, juvenilidad, etc. (Baigorri, 2004; Peltzer, 2006).

julio	Labranza y Barbecho			
agosto				
septiembre				
octubre				
noviembre		Siembra	Crecimiento y Desarrollo	
diciembre				
enero				
febrero				
marzo				
abril				
mayo				
junio				Cosecha
julio				

Tabla II.6.1.a Etapas de un ciclo de cultivo de soja (FIUBA, 2005)

El fotoperíodo depende de la latitud y de la fecha de siembra. La importancia del fotoperíodo radica en que la soja es una planta termofotoperiódica por excelencia ya que se desarrolla en base a unidades fototermale y esta variable combinada condiciona al grupo de madurez dentro de cada fecha de siembra, es decir que la duración del día influye marcadamente en el ciclo del cultivo y éste a su vez en el rendimiento.

Una floración prematura, acorta el ciclo, disminuyendo el desarrollo de la planta y el rendimiento. Una floración tardía alarga el ciclo pudiendo significar la muerte del cultivo por heladas sin que las plantas hayan podido llenar completamente las vainas. Esto se traduce en una disminución del rendimiento (Toledo y col., 2009). La floración de las plantas de soja es inducida por días que se acortan. Si la duración del día es superior a 16 hs. durante el período de cultivo, ninguna variedad podrá florecer. Si la duración del día es de 12 hs. ó menor, todas las variedades florecerán aproximadamente al mismo tiempo; con duraciones del día intermedias, la fecha de floración variará según la sensibilidad fotoperiódica de cada variedad.

Esta distinta sensibilidad fotoperiódica es la base de clasificación de las variedades en grupos de maduración, desarrollada en EE.UU. con la introducción desde Asia de germoplasma de soja adaptado a diferentes latitudes y fotoperíodos. Se determinó así para las distintas variedades la franja latitudinal en que aprovechaban todo el período de crecimiento disponible (Peltzer, 2006). En función de la sensibilidad fotoperiódica y consecuente franja latitudinal de adaptación, las variedades de soja se encuentran clasificadas en 13 grupos de maduración (GM), del 000 al X. A medida que aumenta la numeración del grupo aumenta la sensibilidad fotoperiódica, y las variedades incluidas en estos grupos, necesitan para florecer una duración del día cada vez menor (Rossi y col., 1989). En el Cono Sur, cada cultivar tiene una franja latitudinal en la que por su longitud de ciclo se lo considera como de ciclo medio; al norte de la misma se comporta como ciclo corto y al sur de esta como ciclo largo. Además, esto determina que para cada región y según la latitud de la misma, exista un rango de GM adaptados, que funcionan como ciclo corto, medio y largo.

Un error en la elección del GM produce pérdidas de rendimiento de un nivel variable de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas del lugar (Baigorri, 2004).

La fecha de siembra (FS) de esta oleaginosa abarca septiembre hasta enero (SAGPyA, 2009b). La FS óptima varía según la zona del país, y el cultivar seleccionado y para ello el sistema más utilizado es el de siembra directa, técnica que evita pérdidas de tiempo y humedad en los suelos. En el caso de provincia de Buenos Aires, la soja de primera cuya FS va del 15-10 al 30-11 es cuando es el único cultivo en el año agrícola, mientras que la soja de segunda cuya FS va del 20-11 al 20-12, es cuando se hace después de un cultivo de invierno (por ej. trigo). Ray y col. (2008), observaron que las FS tempranas producían mayor altura de planta, rendimiento y contenido de proteína y aceite, mientras que para las FS tardías las semillas eran de mejor calidad y de mayor tamaño. Este estudio fue realizado en Carolina del Sur (EE.UU.) durante los años 2001, 2003 y 2004.

Como se mencionó anteriormente, el cultivo de soja ocupa en Argentina una amplia zona ecológica que se extiende desde los 23° latitud Sur (LS), Región Pampeana Norte, a los 39° LS, Región Pampeana Sur, registrándose la mayor concentración de este cultivo en la región norte del país. En estas regiones se

siembran cultivares de distintos GM, que van desde el GM II (en la región Pampeana) al GM IX (Región Norte), siendo los más difundidos los GM III al VII.

II.6.2. Influencia del ambiente en la composición de la semilla

El cultivo de soja en Argentina cubre una amplia área ecológica. El ambiente es un factor importante que condiciona el crecimiento y el rendimiento de los cultivares de soja (Fehr y col., 2003; Piper y Boote, 1999). A medida que mejora la calidad del ambiente, el cultivo alcanza un mayor crecimiento vegetativo y rendimiento. Las condiciones ambientales durante el crecimiento de la semilla de soja pueden causar diferencias en su calidad (Carrera y col., 2009; Dardanelli y col., 2006; Yaklich y col., 2002; Yaklich y Vinyard, 2004).

Las limitaciones ambientales se pueden dividir en abióticas y bióticas. Con respecto a las primeras podemos mencionar las climáticas y dentro de éstas:

- **Las precipitaciones**, estas constituyen el factor de mayor influencia sobre la producción de grano. Las precipitaciones determinan el agua disponible en el suelo durante el llenado de granos y guardan relación directa con el rendimiento del cultivo (Specht y col., 2001). En nuestro país el déficit hídrico aumenta en general su intensidad de este a oeste, debido a la reducción de las precipitaciones. Es recomendable ubicar el período de llenado de granos cuando se cuenta con la menor probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico, dentro de la ventana de mejor oferta de radiación.

Carrera y col. (2009) en Argentina, investigaron como afecta el déficit hídrico la relación de concentración aceite-proteína en el grano de soja, con la temperatura y con la radiación solar durante el período de llenado del grano. Estos autores determinaron que la relación entre la temperatura del aire media diaria durante el llenado de granos (T_{mR5R7}) y las concentraciones de aceite, proteína y aceite + proteína cambiaban de acuerdo al nivel de estrés hídrico. También encontraron un umbral de disponibilidad hídrica durante el período reproductivo ($pp-PET_{R1R7}$: precipitación menos evapotranspiración potencial) de 70 mm encima del cual las concentraciones de aceite y proteína totales de los granos cultivados en Argentina no eran influidas por dicha variable. El contenido de proteína está relacionado en forma linealmente positiva con la T_{mR5R7} y negativamente con el déficit hídrico. La radiación solar acumulada

durante el llenado del grano es también una variable explicativa, pero tiene menor precisión que la Tm_{R5K7} (Carrera y col., 2009)

Nayyar y Walia (2003) demostraron el rol que cumple la prolina en la adaptación del cultivo al estrés hídrico y la utilización de este aminoácido durante el déficit de agua en un genotipo de trigo tolerante a la sequía comparado con uno sensible a la misma (Nayyar y Walia, 2003). En alfalfa se observó una relación entre los niveles de prolina y la adaptabilidad del cultivo a la sequía (Ilieva y Radeva, 2001).

La función de la prolina es que la planta se adapte mejor al estrés osmótico (De Ronde y col., 2001). La hoja acumula más prolina que el tallo y el pecíolo y las variedades más resistentes más que las menos resistentes (Liu y col., 2008). Simon-Sarkadi y col. (2005) han realizado estudios sobre el efecto simultáneo de sequía y estrés térmico sobre los aminoácidos libres en variedades silvestres de soja y en soja transgénica transformada con el gen que codifica para la biosíntesis de L- Δ^1 -pirrolin-5-carboxilato reductasa (P5CR). Estos estudios se llevaron a cabo sobre plantas sometidas a estrés hídrico durante 10 días y luego sometidas a un período de recuperación de 10 días. Dado que la prolina es el principal componente de los aminoácidos libres en soja se observó una correlación positiva entre los aminoácidos libres totales y la tolerancia al estrés hídrico sobre todo en el genotipo transgénico. Al usarse variedades transgénicas (manipuladas para la síntesis de prolina) los cambios en la concentración de prolina y sus precursores glutámico y arginina fue de particular importancia (De Ronde y col., 2001; Simon-Sarkadi y col., 2005). El contenido de prolina y de glutámico aumentó, mientras que la concentración de arginina disminuye como resultado del estrés simultáneo de agua y temperatura (Simon-Sarkadi y col., 2006). El incremento en la disponibilidad de ácido glutámico para la síntesis de prolina puede deberse a la reducción de la síntesis del GABA (ácido γ -amino butírico), mientras que la disminución en los niveles de arginina lo adjudican al uso de este aminoácido en la síntesis de prolina (Lazcano-Ferrat y Lovatt, 1999). El estrés inducido incrementa la concentración de isoleucina, valina y leucina debido a un aumento en el metabolismo de carbohidratos, ya que estos aminoácidos están unidos al ciclo de las pentosas-fosfato vía piruvato. Durante el estrés la concentración de

alanina disminuye mientras que la de valina y leucina aumentan. Los cambios en los niveles de fenilalanina son similares a los descritos para isoleucina, valina y leucina, pues la síntesis de fenilalanina está unida al ciclo pentosa-fosfato a través del fosfo-enol piruvato (Fukutoku y Yamada, 1981). En *Brassica napus*, como en soja, se observa durante un período de sequía un incremento de aminoácidos precursores de prolina, como glutamato y arginina, y de aminoácidos aromáticos (Good y Zaplachinski, 2006). El déficit hídrico produce en porotos (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Topcrop), acumulación de leucina, isoleucina, treonina, alanina y valina (Raggi, 2006). Los cambios en el contenido de cistina debido a la sequía inducida pueden ser el resultado de un uso intensivo de cistina para la síntesis de glutatión como se describe en trigo sometido a estrés osmótico (Kocsy y col., 2002). Se observó un incremento en los niveles de histidina luego de la sequía y el estrés térmico (Simon-Sarkadi y col., 2005).

Simon-Sarkadi y col. (2005) concluyeron que, luego de un período de estrés hídrico, tanto la variedad silvestre como la transgénica eran capaces de ajustar el metabolismo de aminoácidos a las condiciones desfavorables pero este ajuste era menos eficiente en la variedad silvestre (Simon-Sarkadi y col., 2005; Simon-Sarkadi y col., 2006).

La aplicación de un meta-análisis incorpora los estudios realizados durante 10 años de cultivares integrantes de la "Uniform Soybean Test Northern Region" (USDA-ARS) para poder analizar los efectos de estrés hídrico, temperatura y fertilización con nitrógeno sobre los contenidos y concentraciones de los componentes de la semilla de soja. Dicho análisis se realizó sobre cultivares sembrados en la región norte de EE.UU. Analizando los efectos del ambiente sobre el contenido de los componentes (mg/semilla), como también la evaluación de estos sobre la concentración de los componentes (mg/g) de la semilla, se observa que un incremento en su concentración no necesariamente es resultado de la estimulación de la síntesis de dichos componentes. Durante el estrés hídrico o con alta temperatura, la síntesis de los componentes mayoritarios de la semilla se ve inhibida (Rotundo y Westgate, 2009).

El estrés hídrico impuesto durante el llenado del grano disminuye el contenido de aceite y componentes residuales más que el contenido proteico, lo cual

resulta en un incremento de la concentración final de proteína. El estrés hídrico acorta la duración del llenado del grano y aparentemente tiene poco impacto en la velocidad de llenado (Egli y Bruening, 2004; Westgate y col., 1989).

El déficit hídrico acelera la movilización de nitrógeno de las hojas y durante el llenado del grano puede incrementar la velocidad de movilización de nitrógeno a la semilla incrementando temporalmente la disponibilidad de nitrógeno (Brevedan y Egli, 2003). Dado que se acorta la duración del llenado del grano, el contenido de todos los componentes se reducen pero la síntesis de proteína es la menos afectada debido al incremento de la movilización de amino-N, lo que produce un aumento neto en la concentración de proteína en la semilla madura. Por otra parte el estrés hídrico durante el llenado del grano está asociado casi siempre a altas temperaturas y bajas disponibilidad de nitrógeno (Rotundo y Westgate, 2009; Sinclair y col., 1987). Se ha mostrado que la ocurrencia de estreses múltiples (sequía, altas temperaturas y baja disponibilidad de nitrógeno) actuando simultáneamente activan genes diferentes que los que pueden ser inducidos por un único estrés (Mittler, 2006).

Una hipótesis sería que la velocidad de acumulación de proteína, aceite y otros componentes residuales (carbohidratos estructurales y no estructurales) no se vea afectada por el estrés hídrico. Otra hipótesis es que la duración de la acumulación de cada componente se vea afectada en forma diferente (Rotundo y Westgate, 2009; Westgate y col., 1989).

- **El régimen termo-fotoperiódico de cada región** condiciona la fecha de siembra (FS), el grupo de madurez (GM) que es posible utilizar, y los cultivares que presentan mejor adaptación dentro de cada GM. Su incidencia sobre el rendimiento crece con el atraso de la FS, ya que a menor temperatura menor es la tasa de llenado de granos (Baigorri, 2004; Ray y col., 2008).

Las altas temperaturas y el estrés hídrico en llenado de grano producen alteración en el contenido de proteína y de aceite. El aumento de temperatura en este período tiene un efecto positivo sobre el contenido de aceite, mientras que sobre la proteína se produce primero un efecto negativo y luego positivo

(Carrera y col., 2009; Wolf y col., 1982; Yaklich y col., 2002;). Piper y Boote (1999), hallaron una relación cuadrática entre las concentraciones de proteína y la temperatura del aire media diaria durante el llenado de granos (T_{mR5R7}), como se observa en la **Figura II.6.2.a**.

En la semilla, las concentraciones de aceite y la de proteína son afectadas por las temperaturas diurnas y nocturnas, pero también otros factores ambientales tales como el fotoperíodo intervienen en la cantidad de proteína de la soja (Karr-Lilienthal y col., 2004).

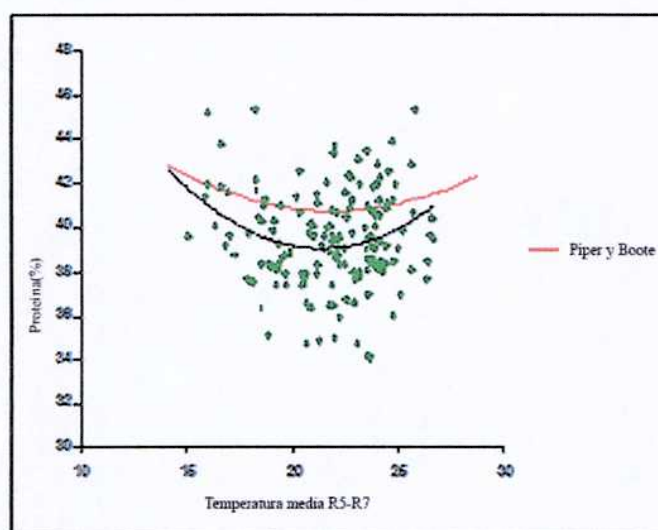


Figura II.6.2.a Relación Proteína vs Temperatura media del período R5-R7 de GM III al VIII desde Salta (25° Latitud Sur) a Balcarce (38° LS) FS de diciembre y febrero (Dardanelli, 2006) comparada con la relación reportada por Piper y Boote (1999), USA.

Las diferencias de los efectos del grupo de madurez (GM) sobre la proteína dependen del rango de temperatura bajo el cual, estos genotipos desarrollan su período de llenado de granos. Se observó un bajo contenido proteico entre 20° C y 25,8° C, pero una mayor concentración de proteína para temperaturas menores a 20,8° C o mayores a 25,8° C, pudiendo estar asociado el efecto de altas temperaturas a sequía (Dardanelli y col., 2006; Dornbos y Mullen, 1991; Gibson y Mullen, 1996; Wolf y col., 1982). Esta respuesta ha sido también observada en canola y en girasol (Triboi y Triboi-Blondel, 2002).

En Argentina se han realizado estudios sobre la concentración de aceite y proteína de la semilla de soja que arrojan una variabilidad considerable entre GM. Aquellos ambientes donde se siembran GM de ciclo largo pueden tener más proteína que los de ciclo más cortos, probablemente porque las temperaturas diarias medias durante el período de llenado de grano son inferiores a 20.8° C. En ambientes con temperaturas más altas los GM II y III encuentran un nicho para mayor contenido de proteína. Este fenómeno podría explicar la existencia de un mayor número de mega-ambientes para proteína que para aceite (Dardanelli y col., 2006).

Las altas temperaturas incrementan la velocidad de crecimiento de la semilla hasta un valor óptimo, mientras que la duración del período de llenado se reduce (Bhullar y Jenner, 1985; Jenner y col., 1991). En soja se observa que un incremento en la velocidad de movilización de nitrógeno debido a la senescencia de la hoja puede confirmar un incremento de la velocidad de acumulación de proteína a mayor temperatura, aún si se reduce la captación o fijación de nitrógeno debido a la reducción del período de llenado del grano (Egli y Wardlaw, 1980; Triboi y Triboi-Blondel, 2002; Vollmann y col., 2000). Aparentemente la habilidad para mantener compensada la velocidad de acumulación de proteína, debido a la corta duración del llenado del grano, hace que el efecto negativo sobre el contenido de proteína sea menor, cosa que no ocurre con el aceite y contenidos (carbohidratos) residuales (Rotundo y Westgate, 2009).

- **La radiación solar** también influye sobre el llenado de granos, ya que a medida que aumenta el nivel de radiación solar el rendimiento se incrementa (Aguirrezábal y col., 2003). Al igual que la temperatura, su incidencia sobre la producción de grano crece con el atraso de la FS. No obstante, la radiación solar es en general un factor climático con menor influencia en la expresión del rendimiento, en especial en FS tempranas (Baigorri, 2004; Carrera y col., 2009)
- **Niveles de dióxido de carbono en la atmósfera**, los efectos del calentamiento global y el incremento de los niveles de CO₂ podrían impactar especialmente

en la agricultura, afectando el crecimiento y el desarrollo de los cultivos y a la larga en el rendimiento y en la producción de alimentos (Hansen y col., 2000). El rango óptimo de temperatura para el crecimiento y desarrollo de la soja es entre 20° y 30° C (Hofstra, 1972). La temperatura ejerce un efecto importante sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta de soja (Heinemann y col., 2006).

Elevadas concentraciones de CO₂ pueden promover una total recuperación de la planta sometida a estreses ambientales (Ferris y col., 1998).

Pritchard y col. (1999), postulan que el efecto directo más importante de un nivel elevado de CO₂ sobre el crecimiento de la planta es un aumento de la disponibilidad de carbohidratos y un uso eficiente de agua. La combinación de estos efectos estimula la proliferación de células promoviendo la división y/o expansión celular.

Nakamoto y col. (2004), propusieron que la respuesta del rendimiento de semilla al enriquecimiento con CO₂ se atribuye principalmente a una respuesta durante el período reproductivo. Basados en estas observaciones es posible sugerir que el efecto sobre la velocidad de crecimiento de las vainas al elevar los niveles de CO₂ ocurre entre los estados R₁ y R₆. En este estudio realizado en Saga, Japón, se observó que existe una interacción positiva entre la temperatura y el CO₂ sobre el peso de la semilla y el número de semillas por planta.

- **Suelos**, los sistemas de cultivos, tales como los protocolos de rotación, afectan la ecología del suelo, lo cual influye en la disponibilidad de nutrientes de la planta (Dodor y Alitabatabai, 2003).

No se sabe con certeza si las propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo han sido suficientemente modificadas como para influir en los componentes de almacenamiento de la semilla; por lo que se debería separar, mediante métodos estadísticos, los factores ambientales de los efectos agronómicos y así poder determinar las razones específicas de los cambios en los contenidos de proteína y aceite (Bennett, 2005b).

- **Fertilización**, la fuente de nitrógeno de la soja es una combinación del nitrógeno obtenido a partir de la fijación simbiótica y la asimilación del N mineral (disuelto en el agua como NO_3^- y NH_4^+). Se estima que la cantidad de nitrógeno necesaria es de 80kg N/tn de grano (Díaz Zorita, 2009). La fertilización nitrogenada en soja favorece la expansión foliar, la duración del área foliar, la eficiencia en el uso de la radiación y una mayor concentración de proteínas en los granos.

Paek y col., (1997) realizaron experimentos con plantas de soja, variedad "Harper", a las que les inocularon cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, mientras que a otras plantas, de la misma variedad, las trataron con N mineral. Ellos observaron que en los cultivos inoculados se producía un abrupto descenso de la concentración de la β -subunidad de la proteína 7S (β -conglucina), fracción que no contiene aminoácidos azufrados, y un aumento de las subunidades de la proteína 11S (glicina), mas ricas en estos aminoácidos, alterándose la relación 11S/7S.

El contenido de proteína del grano es más sensible a un incremento de nitrógeno *in vitro* que sobre la planta ya sea, en hidroponia o a campo. Estudios sobre la planta de soja confirman que la fertilización con nitrógeno orgánico inhibe la formación de nódulos y la actividad de la nitrogenasa (Streeter y Wong, 1988). En presencia de suelos con abundante NO_3^- o NH_4^+ , la planta de soja disminuye el transporte amino-N, que proviene de la fijación del nitrógeno atmosférico hacia los brotes. La aplicación de nitrógeno como fertilizante no conduce a un incremento de la disponibilidad de nitrógeno para la semilla. Existe evidencia de que la aplicación de altos índices de fertilizantes con nitrógeno ($>200\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) durante el desarrollo temprano redundan en un incremento de la concentración y el contenido de proteína (Rotundo y Westgate, 2009), pero produce proteína de baja calidad nutricional, dado que se incrementa la concentración de la β -subunidad de la proteína 7S (Paek y col., (1997). Contrariamente a lo expresado, Ray y col., (2006) evaluaron ocho variedades de soja del GM II al IV, bajo el "Sistema de producción temprana de soja" (ESPS), con y sin aplicación de nitrógeno como fertilizante en condiciones de riego y secano y observaron una significativa disminución en la concentración de proteína y un aumento en la concentración

de aceite en ambas condiciones, en aquellos cultivares a los que se les había aplicado fertilización nitrogenada. La relación proteína /aceite disminuyó significativamente con la aplicación de nitrógeno durante la siembra (Bennett, 2005a; Ray y col., 2006).

La calidad de la proteína de soja está influida por el ambiente en el cual se desarrolla el embrión (Sexton y col., 1998). La deficiencia de azufre redundó en un cultivo con proteína de baja calidad (Paek y col., 1997). El requerimiento de este mineral es de 7 kg/tn de grano, no tiene movilidad en la planta y está relacionado con la capacidad de fijar carbono (Díaz Zorita, 2009). Con el propósito de mejorar la calidad de la proteína de soja, es decir, aumentar la fracción 11S y disminuir la β -subunidad de la proteína 7S, Sexton y col., (1998) llevaron a cabo estudios en invernadero y a campo con soja variedad "Kenwood" a la que cultivaron en ambientes con distintas cantidades de azufre, analizando luego el contenido de las dos proteínas de reserva (7S y 11S) en la semilla. Ellos observaron que la concentración de azufre en el cotiledón era mayor con el aumento de los niveles del mineral y que consecuentemente se producía un decrecimiento en la relación N/S (nitrógeno/azufre). La cantidad de β -subunidad de 7S (proteína de baja calidad) variaba linealmente con la relación N/S hallada en el tejido del cotiledón, mientras que la glicinina (11S) correlacionaba lineal y negativamente con la relación N/S en el mismo tejido, es decir, que ante un estrés de azufre se produciría una menor cantidad de esta proteína. También concluyeron que aún en ambientes de alto contenido de azufre se continúa sintetizando la β -subunidad de la proteína 7S (Sexton y col., 1998)

II.7. Calidad de la proteína de soja y su relación con la nutrición

II.7.1. Introducción

El valor nutricional de los alimentos y sus productos derivados está dado por la cantidad y calidad de sus nutrientes, que son sustancias digeribles y asimilables por el organismo (Friedman, 1996). Dentro de ellos, los nutrientes esenciales son aquellos que el organismo no sintetiza, por lo tanto, tienen que ser aportados por los

alimentos. Un antinutriente es un compuesto que disminuye el aprovechamiento de los nutrientes, fundamentalmente los esenciales.

Los nutrientes contribuyen a cubrir las necesidades energéticas, la síntesis de tejidos y son utilizados para la regulación del metabolismo del organismo (Ridner, 2006).

Las proteínas son componentes esenciales de la dieta de animales y del hombre. Su función en nutrición es aportar cantidades adecuadas de aminoácidos. La calidad nutricional de un alimento depende del contenido, absorción y utilización de aminoácidos (Friedman y Brandon, 2001).

Las proteínas de las legumbres son los componentes mayoritarios de las dietas para animales y su importancia en la nutrición humana está incrementándose (Olguin y col., 2003). Todas las legumbres poseen proteínas con bajo contenido de aminoácidos azufrados y triptofano, pero con mayores cantidades de aminoácidos esenciales como lisina que los cereales (Comai y col., 2006; Friedman y Brandon, 2001; Rockland y Radke, 1981).

Las semillas de las legumbres contienen varios compuestos antinutricionales proteicos y no proteicos. Su presencia es el resultado de una adaptación evolutiva, la cual posibilita la supervivencia de la planta y el cumplimiento del ciclo de vida bajo condiciones naturales (De Leo y col., 2002; Peumans y Van Damme, 1995; Ryan, 1990). Dentro de estos compuestos se encuentran los inhibidores de enzimas digestivas, cuyo efecto se manifiesta al consumir la semilla o la harina sin cocinar, ya que el calentamiento normalmente inactiva estas proteínas. Una vez inactivados estos inhibidores pueden desempeñar un rol nutritivo positivo, debido a su alto contenido de aminoácidos azufrados (De Leo y col., 2002). Dentro de los inhibidores de tripsina ya mencionamos al Inhibidor Bowman-Birk y Kurnitz. Se designa con el nombre de inhibidor Bowman-Birk, a una familia de inhibidores de las enzimas, tripsina y quimotripsina, de bajo peso molecular que se encuentran en legumbres como la soja y otros vegetales (Calvert y col., 1978; Duranti y Gius, 1997; Liu, 2004; Loris y col., 1998; Sharon y Lis, 1990; Srinivas y col., 2001).

Desde el punto de vista epidemiológico, existen estudios que sugieren que las poblaciones que consumen alimentos con alto contenido de soja poseen menor incidencia de cáncer y menor tasa de mortalidad en los principales tipos de cáncer

que las poblaciones del hemisferio occidental (Kim y col., 2008; Wang y González de Mejía, 2005).

Se ha observado que el inhibidor Bowman-Birk (BBI) es capaz de suprimir la carcinogénesis en animales (Kennedy, 1995), como también puede ser útil en el tratamiento del cáncer de próstata y produce la regresión de la enfermedad en pacientes que padecen colitis ulcerosa (Friedman y Brandon, 2001; Maruyama y col., 2006b; Martínez Augustin y Martínez de Victoria Muñoz, 2006; Wang y González de Mejía, 2005).

Entre los péptidos bioactivos se ha estudiado en profundidad aquellos péptidos con propiedades anti-hipertensas. Son inhibidores de la enzima ACE (angiotensin-converting enzyme) asociada con la regulación de la presión arterial. El proceso de fermentación con *Bacillus natto* o *B. subtilis* produce péptidos inhibidores de esta enzima (Shin y col., 2001; Wang y González de Mejía, 2005). La "Food and Drug Administration" ha aprobado una resolución donde incluye a la proteína de soja entre los alimentos que pueden o podrían reducir los riesgos de enfermedades cardiovasculares (Endres, 2001a; Wang y González de Mejía, 2005). Eso se debe a que durante la digestión, tanto en animales como en humanos, la proteína de soja se hidroliza y libera biopéptidos que tienen un marcado efecto disminuyendo el colesterol en el suero (Carroll y Kurowska, 1995; Duranti y col., 2004; Korhonen y Pihlanto, 2003).

Muchos aminoácidos, tales como tirosina, metionina, histidina, lisina y triptofano, tienen propiedades antioxidantes. La capacidad antioxidante de los péptidos de soja depende de su estructura y es afectada por los procesos de hidrólisis (Yang y col., 2000).

Las lectinas son proteínas unidas a azúcares, algunas de las cuales son capaces de aglutinar glóbulos rojos (Etzler, 1985). La toxicidad de las lectinas se caracteriza por inhibir el crecimiento en animales de laboratorio, y en producir diarrea, náuseas, inflamación y vómitos cuando es inyectada a humanos. Algunas lectinas pueden causar la aglutinación de glóbulos rojos (Liener y col., 1986; Liu, 2004). El proceso de calentamiento puede reducir la toxicidad, pero bajas temperaturas o una cocción insuficiente pueden no eliminarlas.

A pesar que el rol de las lectinas es controversial, existe evidencia que son proteínas de defensa contra enemigos potenciales de las plantas (Calvert y col., 1978).

En el hombre la alergia a las legumbres no es común, ya que la capacidad alergénica de las proteínas de almacenamiento es baja (Lallés, 1993), pero puede desarrollarse con el incremento del consumo. Las proteínas de soja pueden ser alergénicas. La mayoría de las proteínas alergénicas tienen alto peso molecular. Los biopéptidos contienen entre 2 y 40 aminoácidos, con lo cual la capacidad alergénica sería menor (Goodman y col., 2005; Sathe y col., 2005). El proceso de fermentación reduce significativamente la inmunoreactividad de la IgE e incrementa el nivel de aminoácidos y de proteína total (Song y col., 2008).

La soja también contiene antinutrientes no proteicos como el ácido fítico (1,2,3,4,5,6 hexa-dihidrógeno fosfato de mioinositol) constituyendo la mayor porción de fósforo de la semilla (Directorate, 2001). Este ácido es el responsable de la disminución de la biodisponibilidad de minerales esenciales, formando quelatos con Ca, Mg, K, Fe o Zn; estos complejos insolubles reducen la disponibilidad de los metales para su digestión y absorción en el intestino delgado (Duranti y Gius, 1997) y por otra parte la disponibilidad de fósforo, que en animales monogástricos, es prácticamente nula. En alimentos balanceados, elaborados con maíz y soja, utilizados para la alimentación de ganado porcino se requiere del agregado de zinc para evitar la parakeratosis. También es común adicionar enzima fitasa a las preparaciones para ganado porcino y para pollos (Directorate, 2001). El fósforo contenido en los fitatos es muy poco disponible para aves y porcinos ya que el organismo animal carece de la enzima precisa, al menos en cantidad suficiente, para romper y separarlo de la molécula de inositol. En situaciones normales, la mayor parte del P fítico aparece en las heces incrementando el problema de contaminación ambiental. Su hidrólisis mediante la acción de las fitasas de origen endógeno o exógeno mejora en proporciones variables la absorción y retención del P, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y aminoácidos, especialmente en dietas deficientes (Kornegay, 1996). El agregado de esta enzima hace disponible el fósforo (entre 15 y 25% del total), disminuyendo el requerimiento de fósforo inorgánico agregado a la ración, influyendo de forma directa sobre el costo del balanceado (Rebollar y Mateos, 1999).

Es sabido que las legumbres producen meteorismo intestinal debido a la presencia de residuos α -galactopiranosícos unidos a la glucosa de la sacarosa. Los animales y los humanos no son capaces de digerir dichos oligosacáridos, debido a la ausencia de la enzima α -galactopiranosasa ausente en su mucosa intestinal (Ridner,

2006). Por lo tanto estos α -galactósidos llegan al colon y son fermentados por bacterias intestinales produciendo gas (Fleming, 1981).

Como mencionamos anteriormente, el poroto de soja contiene isoflavonas (genisteína, daidzeína y gliciteína). Las isoflavonas ingeridas son hidrolizadas mediante las bacterias del intestino delgado, absorbidas por la mucosa intestinal y transportadas por la vena porta al hígado. Sus beneficios están dados por su acción sobre el receptor estrogénico, su acción antioxidante y su acción inhibitoria de enzimas que intervienen en la replicación celular. La estructura difenólica de la genisteína y de la daidzeína es importante, ya que la presencia de los grupos hidroxilos en sus moléculas, como también de los anillos aromáticos, les permite interactuar con el receptor para estradiol, y manifestar respuestas como agonistas (sustancia capaz de unirse a un receptor y provocar una respuesta en la célula) o antagonistas estrogénicos (Allred y col., 2004; Barnes y col., 1990; Ridner, 2006). Sin embargo, estudios realizados por Allred y col. (2003), Allred y col. (2004) y Ju y col., (2006) sugieren que el consumo de productos que contengan genisteína, no es aconsejable para mujeres postmenopáusicas con cáncer de mama estrógeno-dependiente, ya que lo estimularía.

Olguin y col. (2003) realizaron estudios del valor nutricional de una dieta elaborada con harina de soja argentina, comparada con una dieta con caseína durante 28 días, en ratas IIM Beta destetadas. Ellos no observaron diferencias importantes entre los dos grupos comparando la ganancia de peso por gramo de proteína ingerida, ni en los estudios histométricos llevados a cabo en el intestino delgado. Esta harina, la cual tenía sus factores anti-nutricionales inactivados por calor, poseía un contenido y calidad proteica nutricionalmente aceptable. Estos estudios difieren de los realizados por Olguin y col. (1999) en los que analizaron productos de harina de soja inactivada, pero con una actividad biológica residual. Esta experiencia fue realizada también sobre la misma cepa de ratas IIM Beta y se observó una reducción del peso y la longitud del intestino delgado. Por otra parte se observó una hipertrofia en el intestino grueso en los animales alimentados con harina de soja, lo que sugiere una proliferación microbiana atribuible a la presencia de oligosacáridos y fibras, no digeribles (Olguin y col., 1999). Estos compuestos empleados como sustratos fermentecibles por la microflora del intestino, podrían ser los responsables del aumento de nitrógeno excretado en el grupo alimentado con soja, con respecto al

control. Este aumento del nitrógeno excretado disminuye el valor de la digestibilidad aparente del grupo alimentado con harina de soja en relación al control (Olguin y col., 2003).

No hay duda que la leche humana aporta una importante cantidad de elementos que permiten un adecuado crecimiento. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo reconoce como el alimento ideal. En niños nacidos a término pero cuyas necesidades nutricionales no pueden ser cubiertas por la leche materna o leche bovina, las fórmulas diseñadas con proteína aislada de soja son una alternativa segura y efectiva porque aportan elementos nutricionales que favorecen el crecimiento y el desarrollo.

En la infancia, la utilización de alimentos de soja en general, y con aislados de proteínas de soja en particular, es segura y constituye una herramienta valiosa en el desarrollo de hábitos alimentarios saludables, mejorando el perfil lipídico de la dieta.

Si bien la soja es una fuente de nutrientes y puede cumplir un rol importante en la prevención de ciertas enfermedades debemos recordar siempre que una alimentación saludable consiste en hacer “buen uso de los alimentos”, o sea basado en conceptos básicos tales como variedad, moderación y proporción. Esto significa consumir porciones adecuadas de una amplia variedad de alimentos para satisfacer las recomendaciones nutricionales (Ridner, 2006).

II.7.2. Efectos del procesamiento y la germinación sobre la calidad tecnológica y nutricional

Un objetivo importante es poder eliminar los componentes que reducen el valor nutricional de los alimentos. Vidal-Valverde y col. (1994) estudiaron la reducción de los compuestos antinutritivos como lectinas y galacto-azúcares en lentejas, a través de procesamientos tecnológicos y hogareños, como así también por la acción catalítica de enzimas endógenas producidas durante la germinación.

La disminución de estos factores puede ocurrir por la remoción física, la fermentación o por inactivación por calor (Reddy y Pierson, 1994). La cocción generalmente inactiva los inhibidores proteicos, mientras que el proceso de remojado con posterior cocción reduce los polifenoles.

Se considera que la fermentación es un método eficiente mediante el cual los microorganismos o la actividad de sus enzimas liberan péptidos bioactivos

(Korhonen y Pihlanto, 2003). La fermentación no es suficiente para hidrolizar totalmente la proteína de soja. Las glicoproteínas, fosfoproteínas con elevado número de puentes disulfuros, son difíciles de hidrolizar. Las proteasas existentes en cepas de *Bacillus* y en *Rhizopus* rompen las proteínas solo en péptidos largos, mientras que se necesitan la acción de enzimas como tripsina o proteasas que se encuentran en plasma o en membranas del hígado para producir péptidos bioactivos (Gibbs y col., 2004).

El proceso de germinación mejora la calidad nutricional de la soja debido a que presuntamente se incrementa el contenido proteico y también se reducen los antinutrientes, ya que estos constituyen nutrientes de reserva de la semilla (fitatos, oligosacáridos) y serán movilizados durante esta etapa (Friedman y Brandon, 2001).

Los tratamientos térmicos no solo causan modificaciones deseables en la composición química, nutricional y organoléptica de las legumbres y de la soja en particular, sino que también producen pérdidas de aminoácidos y vitaminas. La desnaturalización por calor modifica las características fisicoquímicas de las proteínas (Kong y col., 2008; Nik y col., 2008; Zhang y col., 2009). Estos cambios afectan propiedades funcionales como la habilidad de gelificación (Mori y col., 1982), propiedades reológicas de los geles, capacidad como emulsificantes y espumantes (Mujoo y col., 2003). La formación de geles es una propiedad importante para la utilización de las proteínas de soja en alimentos. Se forman diferentes geles al interactuar las proteínas 11S y 7S (Maltais y col., 2008). Los formados con mayor proporción de la globulina 7S son menos turbios, mientras que una mayor proporción de la globulina 11S produce geles más firmes. Esto se atribuye a la formación enlaces disulfuros intermoleculares en los geles formados a partir de globulinas 11S. En la formación de geles con sistemas mixtos, las proteínas 11S y 7S interactúan en forma no covalente para formar agregados solubles (Nakamura y col., 1986). Se obtendrán así diferentes comportamientos de gelación, según la proporción de cada una de estas globulinas y la composición de sus subunidades.

Dado que la composición de los hexámeros 11S varía entre los cultivares de soja, es posible controlar la velocidad de gelación y las propiedades de los geles, seleccionando los cultivares (Kohyama y col., 1995; Zarkadas y col., 2007).

Los pacientes celíacos, que padecen intolerancia a la gliadina y la glutenina, pueden consumir este tipo de alimentos que contienen globulinas y albúminas y

aprovechar las propiedades emulsificantes para mejorar la estructura de sus comidas (Duranti y Gius, 1997).

II.7.3. Requerimiento de aminoácidos

Los requerimientos dietarios de un ser humano incluyen la presencia de cantidades de aminoácidos esenciales. La composición de aminoácidos representa la calidad potencial de una proteína alimenticia; su biodisponibilidad es crítica para el suministro de aminoácidos a la dieta. La disponibilidad de los aminoácidos varía según la fuente proteica, los tratamientos y la interacción con otros componentes de la dieta (Friedman y Brandon, 2001).

Para evaluar la calidad nutricional de un producto se deben considerar tres factores: composición de aminoácidos, digestibilidad de aminoácidos y ausencia de componentes biológicamente activos. Tradicionalmente la calidad nutricional se controlaba con el PER (Relación de Eficiencia Proteica), que simplificado consiste en medir el aumento de peso por 1 gramo de proteína ingerida. El estudio se realiza en ratas, durante 28 días, comparando con un lote testigo, usando caseína como patrón. El problema de la utilización del PER es que desestima la importancia de las proteínas vegetales, especialmente de la soja.

Actualmente y desde 1991, la FAO unió su recomendación a la OMS, coincidiendo con la FDA (Administración de Drogas y Alimentos de EEUU) en adoptar el método conocido como PDCAAS (Protein Digestibility-Correct Amino Acid Score) o Índice de Aminoácidos corregido para la digestibilidad de proteínas (FAO/WHO, 1991).

$$\text{PDCAAS} = \frac{\text{mg de aa limitante}}{\text{mg. del mismo aa indispensable}} \div \frac{\text{gr de proteína}}{\text{gr de proteína de referencia}} \times \text{digestibilidad de la proteína}$$

El método PDCAAS se basa en dar una puntuación a los aminoácidos, en el que se comparan aminoácidos del alimento proteico sometido a prueba con el patrón de requisitos de aminoácidos establecido por la FAO/OMS para niños de 2 a 5 años de edad (Tabla II.7.3.a). Se utiliza este patrón por que supera los patrones de requisitos de niños mayores y adultos. Se elige el aminoácido más limitante para establecer una puntuación de aminoácidos no corregida y multiplicando esta cifra por la digestibilidad del alimento, se obtiene el PDCAAS (Portela y col., 2006).

Aminoácido (aa)	Grano de soja (mg aa /g de proteína)	Aislado de proteína de soja (mg aa /g de proteína)	Requerimiento niños 2-5 años FAO/OMS(mg aa/g proteína)
Histidina	29,2	26	19
Isoleucina	53,1	49	28
Leucina	88,5	82	66
Lisina	59,6	63	58
Metionina + Cistina	28,7	26	25
Fenilalanina + Tirosina	109,3	90	63
Treonina	46,3	38	34
Triptofano	11,2	13	11
Valina	57,2	50	35

Tabla II.7.3.a Contenido de aminoácidos esenciales del grano y del aislado de proteína de soja en relación con el patrón de referencia (Gregorini, 2003; Silva y col., 2006)

Los alimentos cuyas proteínas proveen los aminoácidos iguales o mayores a los requerimientos después de la corrección por la digestibilidad reciben un PDCAAS máximo de 1.0. Como ejemplo, según el actual parámetro PDCAAS, la caseína (proteína de la leche), junto con la clara del huevo y la carne de buey, tiene un PDCAAS de 1.0 (Mariotti y col., 1999). Si se comparan los PDCAAS para distintos alimentos (Tabla II.7.3.b) se observa que los valores para el grano, residuo de soja (después de extraer el aceite) y la harina son los más altos.

Alimento	PDCAAS
Harina de soja	0,99
Grano de soja	0,89
Residuo de soja (desgrasado)	0,89
Guisantes secos en lata	0,69
Lentejas	0,51
Harina de trigo	0,40

Tabla II.7.3.b Comparación de los PDCAAS de distintos alimentos (Gregorini, 2003; Silva y col., 2006)

En este sentido, la harina de soja se asemeja mucho a la clara de huevo (PDCAAS= 1.0) en cantidad de proteínas. Como ejemplo podemos citar el cálculo de PDCAAS del aislado de proteína de soja

Digestibilidad del aislado de proteína de soja = 97,2%

Aminoácido limitante: Metionina más Cistina

Puntuación de aminoácidos no corregida = $26/25 = 1,04$

Puntuación de AA de Proteína Corregida según su

Digestibilidad = $0,972 \times 1,04 = 1,00$

(Gregorini, 2003; Mariotti y col., 1999).

Recientemente ha sido cuestionada la validez del método PDCAAS para estimar la calidad de una proteína. Evidencias experimentales sugieren que este método sobrestima la calidad de la proteína cuando están presentes factores antinutricionales (Krishnan, 2005). Las características del tejido vegetal y la presencia de sustancias antinutricionales limitan la utilización biológica de estos alimentos en relación a los de origen animal (Silva y col., 2006).

La baja digestibilidad de los aminoácidos limitantes en cereales o legumbres puede deberse a que estos se encuentran en las partes menos digeribles del grano, como en el caso de la lisina que se encuentra en las capas de las aleuronas en los cereales y la alta concentración de aminoácidos azufrados en la cáscara (tegumento) de los porotos. Muchos de los aminoácidos, como el ácido glutámico, se encuentran en las partes altamente digeribles del grano, como el endosperma en los cereales o el cotiledón en las legumbres. La baja digestibilidad (Sarwar y col., 1989b) de la metionina en las legumbres puede estar relacionada con el impedimento estérico de otros aminoácidos adyacentes a ésta, en los péptidos, haciéndola menos disponible para el crecimiento en ratas. La metionina en estos péptidos (treo-met-arg o treo-met-lis que se ven en legumbres) se consideran menos disponibles que otros péptidos que no tienen impedimento estérico, como por ejemplo ala-met-ala (Sarwar y col., 1989a).

Sin embargo Sarwar y col., (1989b) halló que la diferencia entre la digestibilidad real de la proteína cruda y la de los aminoácidos individuales en el

aislado de proteína de soja era muy pequeña, cosa que no ocurría con otras legumbres como lentejas y frijoles.

Dentro de los vegetales la soja es la fuente más completa de proteínas, proveyendo todos los aminoácidos esenciales necesarios para cumplimentar los requerimientos nutricionales humanos para el crecimiento, mantenimiento o evitar el stress físico. Si bien, la soja comparada con la carne es deficitaria en aminoácidos azufrados (ej, metionina), según se observa en la **Tabla II.7.3.a** tanto el grano de soja como el aislado de proteína se encuentran por encima de los requerimientos establecidos por FAO/WHO para niños de 2-5 años, no siendo necesaria la suplementación de estos productos, para el consumo de adultos, ya que suministran una adecuada cantidad de aminoácidos, incluso de metionina-cisteína (Endres, 2001b; FAO/WHO, 1991; Zarkadas y col., 2007).

II.8. Alimentos tradicionales

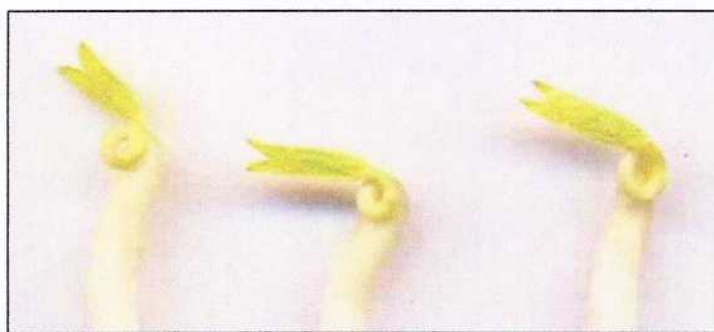
II.8.1. Brotes de Soja

El consumo de semillas frescas germinadas se ha incrementado en el mercado europeo ya que son consideradas un alimento saludable. Es importante considerar su la calidad nutricional pues son consumidos en ensaladas o como aperitivos, sin cocción (Martínez-Villaluenga y col., 2006). Los brotes de soja aportan una menor cantidad de energía que las semillas y sobre todo que el aceite de soja. Chen (2006) plantea que el peso de semilla requerido para producir brotes debe ser entre 10 y 12 g/100 semillas.

Durante el proceso de germinación la planta depende nutricionalmente de los compuestos almacenados en el cotiledón para su desarrollo. Se produce un aumento de la actividad proteolítica y consecuentemente la degradación de las proteínas para la formación de nuevos tejidos (Takahashi y col., 2003). Así mismo, como se mencionó en el ítem **II.7.2**, disminuyen los factores antinutricionales, se incrementa la cantidad de aminoácidos, vitaminas y fibra dietaria y se favorece la digestibilidad de los carbohidratos. Las condiciones de crecimiento durante el proceso de germinación pueden tener efectos importantes en la composición de metabolitos secundarios que resultan significativos desde el punto de vista nutricional (Martínez-

Villaluenga y col., 2006). Kumar y col. (2006a), en sus estudios, hallaron evidencia de la continua degradación de las lipoxigenasas y del inhibidor de tripsina Kunitz en las primeras 144 horas de germinación a diferentes temperaturas, mejorando tanto la calidad nutricional como el “flavour”.

A diferencia del aceite, los brotes de soja contienen minerales. En comparación con la semilla, los brotes contienen más cantidad de Na y son más pobres en P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, I, F y Cu. A pesar de ello, los minerales que posee son más aprovechables para el organismo, ya que se encuentran disueltos en el agua empleada en la hidratación de la semilla. Son ricos en vitaminas A, C, ácido nicotínico, B₆ y ácido fólico (Zelaya, 2005).



II.8.2. Harina de soja

La harina de soja es rica en proteína de buena calidad y otros nutrientes, con una textura ideal para la preparación de una gran variedad de recetas o productos. Casi no contiene almidón, por lo que se usa para la fabricación de productos dietéticos. Se prepara de semillas de soja tostadas y luego molidas hasta un polvo fino. Se producen tres tipos de harina de soja, con grasa, con bajo contenido de grasa y desgrasada (Soyfoods, 2008a). También se emplea en forma de tortas para enriquecer en proteínas los piensos animales. En el mercado se encuentra normalmente desgrasada con un contenido de humedad de 9-11%. Se producen dos tipos de harinas, una con 44% de proteína cruda a la que se le agregan la cáscara y otra con 49% de proteína cruda que no contiene cáscaras. El contenido de grasa de estos tipos de harinas oscilan entre 0,55 y 3,3% sss (sobre sustancia seca) en ambos casos (Directorate, 2001).

La harina de soja debe ser almacenada en refrigeración o en el congelador. Puede durar hasta 12 meses. Es una excelente fuente de proteína, Fe, vitaminas del

complejo B y Ca. La harina de soja sin grasa, es también una fuente importante de fibra. Contiene isoflavonas, que actuarían como antioxidantes, para la prevención de osteoporosis y de afecciones cardiovasculares (Zelaya, 2005).



II.8.3. Leche de Soja

La leche de soja es un líquido de consistencia cremosa, suave y dulce que puede sustituir a la leche de la vaca en pacientes con intolerancia a la lactosa. Es un extracto acuoso obtenido a partir de las semillas de soja a las que se les quitan la cáscara, para luego ser cocidas en agua y, posteriormente, molidas y coladas. Finalmente el líquido es filtrado y endulzado (Calvo Aldea, 2003). La leche de soja está compuesta por un 94% de agua, 3,0% de proteína, 1,5% de grasa, 1,5% de carbohidratos y cenizas (Kong y col., 2008). Es un producto alto en proteína, minerales y vitaminas y bajo en grasas saturadas, colesterol y calorías (Min y col., 2005). La leche de soja es una buena fuente de tiamina (vitamina B₁), Fe, P, Cu, K y Mg. Algunas marcas son fortificadas con vitamina D, Ca y vitamina B₁₂, tema muy importante para los vegetarianos (Soyfoods, 2008b).

Las variedades de soja tienen un efecto importante en el contenido proteico del poroto y ello se ve reflejado en la leche de soja (Min y col., 2005).

Este alimento tradicional en China, según se ha informado, posee efecto antiácido, neutralizando el jugo gástrico por encima de un pH = 3,0. Liu y col. (2009) han llevado a cabo un estudio en ratas, con lesiones gástricas inducidas, a las que se les administró leche de soja descremada fermentada con bacterias lácticas (*Lactobacillus paracasei* subespecie *paracasei* o *L. plantarum*) y se ha observado la inhibición de dichas lesiones. Según este estudio la leche de soja fermentada con bacterias lácticas es un alimento natural, que carece de efectos secundarios, y

constituye una alternativa novedosa para la prevención de úlceras gástricas (Liu y col., 2009).

Se encuentra en los supermercados en la sección de productos lácteos. Debe conservarse en refrigeración, como cualquier producto lácteo. Se comercializa también con sabores variados como frutilla, vainilla, chocolate, etc., o en forma de polvo, que también debe ser conservado en refrigeración.



II.8.4. Aceite de Soja

Se obtiene del prensado de la semilla de soja y/o extracción por solventes. Es una excelente fuente de lecitina, conteniendo además una mezcla de glicéridos de ácidos poliinsaturados: linoleico, oleico y linolénico (86%) y saturados: palmítico y esteárico (14%).

Se lo emplea para la elaboración de margarina, mayonesa, aderezos de ensalada, alimentos congelados, imitación de productos lácteos, imitación de carne y repostería comercial (Calvo Aldea, 2003).

Es uno de los pocos aceites vegetales que contienen el ácido graso esencial linolénico u omega 3 que tiene muchas propiedades, entre ellas beneficios para la piel y para la prevención de las enfermedades del corazón (Smith, 2006; White, 2008). El aceite de soja se destaca por su excelente calidad, relacionada con el alto nivel de insaturación, su fluidez en un amplio rango de temperaturas, sus antioxidantes naturales y la posibilidad de hidrogenación selectiva.

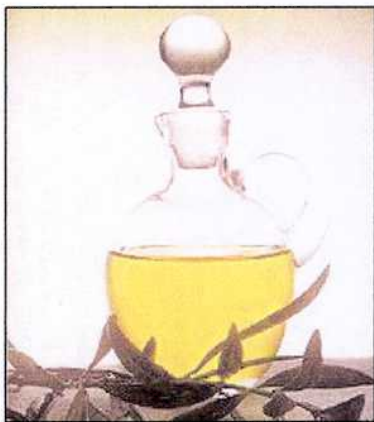
La presencia de ácido linolénico constituye una desventaja desde el punto de vista organoléptico, debido a que este ácido es sensible a la acción de enzimas lipoxigenasas. Estas enzimas han sido halladas en grandes cantidades en el grano de soja, y se activan especialmente cuando éste es dañado durante los procesos de

preparación para la extracción del aceite mediante solventes, que es un método muy utilizado por la industria aceitera en la Argentina.

En países como Brasil y Estados Unidos, existen cultivares libres de lipoxigenasas y se han realizado estudios sobre la estabilidad de los aceites derivados.

En la Argentina, una parte de la producción de granos de soja se procesa dentro del país, y los productos (aceite crudo) y subproductos (harinas proteicas) se exportan casi en su totalidad.

La Argentina es el principal exportador de aceite de soja en el mundo y desde hace poco tiempo, también se comercializa a nivel interno (Ridner, 2006).



II.8.5.Semillas de soja

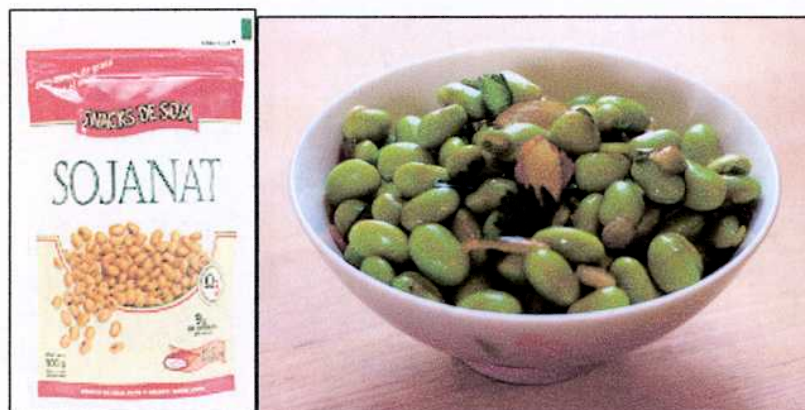
Existen dos tipos:

1- Semillas de soja secas: cosechadas cuando están completamente maduras y secas. Son de color amarillo o marrón. Se almacenan por largo tiempo como cualquier otro tipo de poroto seco.

Las semillas de soja pueden tostarse en seco, para conseguir una textura crujiente, y con agregado de sal se consumen como aperitivo (Herbalife, 2009).

2- Semillas de soja verdes (Edamame): son cosechadas justo antes de su maduración. Tienen un sabor a nuez dulce y pueden ser utilizados como aperitivos, o bien hervidas en agua con sal o al horno como el maní. También pueden acompañar el plato de entrada o ensaladas, sopas, etc. Constituyen una buena fuente de proteína y fibra al igual que de minerales y vitaminas, lo cual las convierte en un alimento saludable (Sirisomboon y col., 2007).

Se pueden comprar en locales de comidas asiáticas. Usualmente se encuentran en la sección de comidas congeladas (pueden durar varios meses).



II.9. Alimentos elaborados con granos de soja

II.9.1. Tofu

Es un alimento tradicional en Asia donde se lo conoce con diversos nombres “toufu”, “taufu”, “doufu”, “daufu” (China). En Corea, Japón y Taiwan el tofu es el equivalente al queso de Occidente (Min y col., 2005). Su consumo también se ha extendido debido al incremento de inmigrantes asiáticos, a la mayor aceptación de alimentos elaborados con soja y a la búsqueda por parte de los consumidores de alimentos saludables.

El tofu es un producto de color blanco o amarillo pálido elaborado a partir de la coagulación de leche de soja con sales (CaSO_4) o ácido (δ -gluconolactona) para obtener un gel de proteína de soja (Yoon y Kim, 2007; Zhang y col., 2009), que también contiene minerales, lípidos y carbohidratos, y que posteriormente se prensa para separar la parte líquida de la sólida. El contenido de hidratos de carbono contribuye al “flavour” de la leche de soja y del tofu (Brown, 2006). Su textura debe ser suave, firme, pero no dura ni gomosa. Cada coagulante utilizado en su elaboración produce tofu con diferente textura y “flavour” (Maltais y col., 2008). Su firmeza se incrementa con la viscosidad de la leche de soja de la cual se parte (Cheng y col., 2005; Kong y Chang, 2009; Kong y col., 2008; Noh y col., 2005; Poysa y Woodrow, 2002).

Hay 4 variedades de tofu que difieren en su consistencia o firmeza, textura y valor nutricional.

1- Tofu extra firme (Extra firm tofu): contiene menos agua y mantiene su forma muy bien, haciéndolo ideal para cocinarlo en tajadas, cuadritos, freír o hervir. Es la forma de tofu que tiene más proteína y también más grasa. Puede ser agregado a diversos platos como sustituto de la carne

2- Tofu firme (Firm tofu): no es tan denso como el extra firme, pero también puede ser usado en tajadas, cuadritos y para freír. Sustituto del queso, particularmente queso cottage, ricota o queso crema.

3- Tofu suave (Soft tofu): es menos denso que los dos anteriores e ideal para la preparación de salsas y aderezos. También puede ser usado para reducir la cantidad de huevos necesarios en una receta y para reemplazar la crema y el yogur. Es bajo en proteína y grasa.

4- Tofu de seda (Silken tofu): tiene la consistencia más suave que todas las formas anteriormente nombradas (Alimentación sana, 2009).

Dado que este producto es un gel de proteína de soja, el contenido proteico de la soja y de la leche de soja son críticos para el rendimiento y la calidad del tofu (Mullin y col., 2001; Shih y col., 2002). La relación entre las proteínas de reserva del poroto (β -conglucina (7S) y glicina (11S)) difiere entre las variedades. Un tofu elaborado con mayor proporción de la proteína 11S es considerablemente mas duro, muestra mayor cohesividad y elasticidad que uno elaborado con la proteína 7S. La proteína 11S tiene mas grupos sulfidrilos y la formación de puentes disulfuros durante la agregación en caliente favorece la formación de una red que le confiere una textura mas dura (firme)

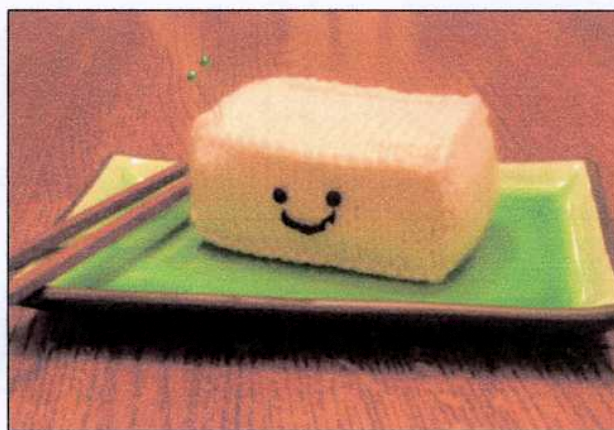
Por otra parte el contenido de ácido fítico y del ión cobre se relacionan con la textura del tofu (Toda y col., 2006). El ácido fítico puede unirse a ambas proteínas y al calcio durante el procesamiento para producir un precipitado coloidal, cuyo resultado es un tofu más blando. Las semillas más pequeñas poseen mayor contenido de ácido fítico (Wang y Chang, 1995).

Los fabricantes de este producto prefieren porotos de soja de tamaño grande (20g/100 semillas o más), con tegumento amarillo y delgado e hilo claro y cultivares de alto contenido en proteína (Poysa y Woodrow, 2002; Wang y Chang, 1995). Asimismo es deseable que la semilla contenga alta proporción de hidratos de

carbono totales, alta concentración de sacarosa y baja de rafinosa y estaquiosa (Chen, 2006).

El rendimiento y la calidad de la leche de soja y del tofu se ven afectados por el ambiente en donde se produce la semilla (Bhardwaj y col., 1999), por ello los fabricantes prefieren cultivares con una composición relativamente estable a través de los años y las localidades, para no tener que cambiar sus procesos (Poysa y Woodrow, 2002). Esto se debe a que existen factores durante el procesamiento que afectan la calidad: tiempo y temperatura de remojo, la temperatura de molienda, la velocidad de calentamiento de la leche de soja, la velocidad de agitación, el tipo y concentración de coagulante, el método de agregado de coagulante a la leche de soja y el peso y tiempo de prensado.

Con respecto a los parámetros de color, Poysa y Woodrow (2002), hallaron que el contenido de proteína en la semilla correlacionaba negativamente con los valores de brillo (L^*) del tofu. Bhardwaj y col. (1999), informaron que los genotipos con alto contenido proteico producían un tofu con menor brillo. Los valores de L^* de la semilla no se asociaron con los valores de L^* del tofu (Poysa y Woodrow, 2002).



II.9.2. Salsa de soja

También llamada shoyu, se obtiene mediante la fermentación de granos de soja y trigo tostado partido con diferentes hongos, *Aspergillus oryzae*, *Pediococcus halophilus* y *Sacharomyces rouxii* a través de las distintas etapas de su elaboración (Calvo Aldea, 2003). Este proceso dura cerca de un año en ollas de barro. Generalmente la salsa de soja que se consigue en supermercados comunes se elabora en un proceso más rápido y barato que el tradicional, obteniéndose un producto de sabor no tan intenso y más salado. Se produce mediante hidrólisis química partiendo

de harina de soja desgrasada, colorante de caramelo, jarabe de maíz u otros endulzantes, extracto de malta y en ocasiones glutamato monosódico sin ningún proceso de fermentación. Es un condimento relativamente barato, rico en proteínas y nutritivo. Es ideal para acompañar comidas tanto orientales como occidentales ya sean verduras fritas, arroz, sopas, aderezos de ensaladas, además también puede ser empleado con pescado, pollo, res, cerdo etc., ya que su sabor es ideal para marinar.



La salsa de soja puede ser encontrada en los comercios, hogares y cocinas de todo el mundo, tanto en Oriente como en Occidente (Liu, 2004; Zelaya, 2005).

II.9.3. Miso

Es una pasta sabrosa, con cuerpo, usada para realzar el sabor de salsas, sopas, aderezos, para marinar. Se elabora a partir de soja amarilla (u otra legumbre), sal marina y, en general, un cereal (cebada). Esta pasta se obtiene a través de un largo proceso de fermentación láctica por medio de la acción de un moho, el *Aspergillus oryzae*. El período de fermentación oscila entre los 6 y los 36 meses. El miso viene en una gran variedad de gustos, texturas y colores. Su gusto y color depende de la proporción de sal y soja, el agregado de arroz o cebada y el tiempo de fermentación. Su color varía desde el amarillo al marrón oscuro, cuanto más oscuro, es más fuerte en su sabor.

Puede comprarse en los supermercados, en forma de pasta o deshidratado. Es una buena fuente de proteína de alta calidad y carbohidratos. Es bajo en calorías y

grasa. Tiene alto contenido de sal, por lo que no se debe de consumir en grandes cantidades (Chen, 2006; Soyfoods, 2008c; Zelaya 2005).



II.9.4. Otros

Tempeh: Es similar a una “torta” esponjosa de semillas de soja fermentadas, a veces combinada con otros granos o legumbres. De consistencia firme, tierna, puede ser asado, frito, horneado, al vapor, ser “rallado” como el queso y también cocinado en el microondas. El tempeh comienza con las semillas enteras de la soja, las cuales están ablandadas por remojo, descascaradas y luego parcialmente cocidas. Se puede adicionar un acidulante suave. El tempeh es una excelente fuente de proteína de alta calidad y es bajo en grasas saturadas. Es también una buena fuente de fibra. Este producto puede ser también una buena fuente de calcio, vitaminas del complejo B e hierro (Soyfoods, 2008d).



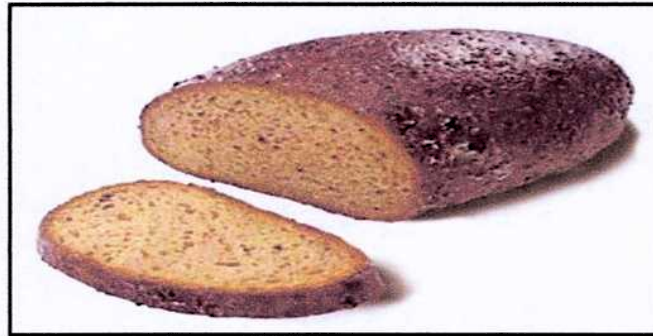
Natto: Procedente de Japón, es un derivado de la soja, muy nutritivo, resultado de la fermentación de las semillas con *Bacillus natto*. Para su elaboración se prefieren semillas de tamaño pequeño (5,5 mm de diámetro), para una mejor fermentación, hilo claro, tegumento delgado y alto contenido de hidratos de carbono. Un alto contenido de carbohidratos solubles contribuye al dulzor del producto final (Brown, 2006a). También se desea que la semilla contenga una alta concentración de proteína para proveer de aminoácidos a la fermentación y que el contenido de aceite sea bajo, para mejorar la absorción de agua. En el proceso de fermentación se descomponen las proteínas complejas, lo que provoca una mejor digestión de aquellas, se consume sacarosa más rápidamente que rafinosa y estaquiosa, esto provoca que la fermentación ocurra de manera más controlada y eficaz (Chen, 2006). Contiene vitaminas, aminoácidos esenciales y enzimas, pero quizás su principal virtud es un extracto del mismo, llamado Nattokinasa que según se menciona en estudios científicos en su país de origen, es capaz de disolver coágulos de sangre (trombos) y actuar como anticoagulante.



El natto tiene una textura blanda, su superficie es pegajosa y se sirve tradicionalmente como aderezo del arroz (Calvo Aldea, 2003).

Okara: Es un subproducto de la fibra resultante de la pulpa obtenida en el proceso de obtención de la leche de soja, por lo que resulta una buena fuente de fibra dietética, que puede emplearse en la fabricación de panes. Su riqueza en proteínas es mucho menor que la de la leche de soja (Calvo Aldea, 2003).

Se usa habitualmente como pienso para animales, ya que su producción suele exceder la demanda para consumo humano



Sufu: Es originario de China. Es un producto obtenido por la fermentación del tofu con un moho, el *Actinomucor elegans*. De textura cremosa semejante al queso, es consumido como un aperitivo. Durante su maduración se produce la hidrólisis de proteínas resultando una serie de péptidos, aminoácidos, aminos que acentúan su sabor. Como otros productos resultantes de la fermentación, la sal cumple múltiples roles: impartir sabor, controlar la actividad enzimática e influir en los cambios bioquímicos producidos en el producto (Han y col., 2004).



“Snacks”: En Argentina, se han desarrollado en el INTA una serie de productos extrudados usando harina de soja en reemplazo de “grits” de maíz.



Materiales y Métodos

Ítem III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Determinación del peso

Las determinaciones de peso se realizaron sobre 281 muestras obtenidas al momento de la cosecha, pertenecientes a 45 cultivares de soja diferentes (Tabla III.1.1) provenientes de localidades de distintas provincias de Argentina, tales como Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Santa Fe, Tucumán y Chaco correspondientes al período comprendido entre los años 2002-2003. El detalle de las variedades, localidades y fecha de siembra se encuentran en el Anexo VII, Tabla III.1.3.

Cultivar	Grupo de madurez	Cultivar	Grupo de madurez
DM2000	II	DM 4870	IV
AW2886	II	A4910	IV
TI 2037	III	DM 4970	IV
RAR307	III	RA514	V
DM3100	III	RA516	V
A3550	III	RA518	V
DM3700	III	DM 5.2 i	V
A3901	III	EXP 0526	V
DM 3970	III	EXP 0529	V
PICA 40	IV	A5409	V
RAR409	IV	A5417	V
DM 4200	IV	EXP 0573	V
A4201	IV	R1861	VI
NIDERA 4209	IV	RA626	VI
DM 4270	IV	A6019	VI
A4303	IV	A6411	VI
AW4500	IV	A7053	VII
DM4600	IV	A7118	VII
NIDERA 4613	IV	A7321	VII
DM 4670	IV	A7636	VII
A4725	IV	A8000	VIII
DM4800	IV	A8100	VIII
		A9000	IX

Tabla III.1.1 Variedades de semillas de sojas estudiadas

La Estación Experimental Manfredi, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), suministró las muestras de semillas de soja que fueron cultivadas en distintas Estaciones Experimentales ubicadas en

las Provincias mencionadas de la República Argentina. En la Tabla III.1.2 se mencionan las localidades muestreadas de cada provincia.

Provincia	Zona (Rizzo y Mihura, 2009)	Localidad
Buenos Aires	Núcleo	Alvear, Bellocq, Daireaux
Buenos Aires	Oeste arenoso	América
Chaco	NEA	Las Breñas
Córdoba	Núcleo	Manfredi, Marcos Juárez
Entre Ríos	Entre Ríos	Concepción del Uruguay
La Pampa	Oeste arenoso	General Pico
Santa Fe	Núcleo	Reconquista
Tucumán	NOA	La Banda del Río Salí

Tabla III.1.2 Localidades donde fueron recolectadas las muestras

Estos estudios comparan el rendimiento de las variedades comerciales utilizando un diseño en bloques (tres) al azar en cada ambiente. Los suelos experimentales no presentan limitaciones físicas o nutricionales. Los cultivos son manejados en forma similar en todas las localidades. Cada unidad de observación consistió en una parcela de 4 surcos por 6 metros de largo, determinando una superficie de 16,8 m². Estos ensayos están incluidos dentro de la Evaluación de Cultivares de Soja del INTA. En la cosecha se muestreó al azar en zig-zag, omitiendo los bordes.

En la localidad Bellocq se analizaron muestras de seis fechas de siembra.

Las muestras fueron remitidas en envases de papel con un contenido aproximado de 300g de semillas y fueron almacenadas a 4°C en heladera. A partir de este material se procedió a realizar las distintas determinaciones descriptas a continuación.

Se determinó el peso individual de 25 semillas pertenecientes a cada muestra en una balanza Adventurer (Ar 2140 OHAUS Corp, Origen USA) y registradas

empleando el programa de almacenamiento de datos OHAUS Balance Talk (versión 4.0 N° 100713, Leibtronic Inc. USA).

III.2. Determinación de Color

Las determinaciones de color se realizaron sobre 258 muestras (Anexo VII, Tabla III.2) pertenecientes a distintos cultivares de soja provenientes de las localidades mencionadas en el ítem III.1. a los que se sumaron 6 cultivares exóticos sembrados en Argentina y facilitados por el banco de germoplasma del INTA de Marcos Juárez, Provincia de Córdoba, con los nombres asignados de Akishimor, BRM92-6600, BRM92-6, PI123-440, PI587,580 y A5417. Estos cultivares fueron importados con el fin de mejorar las características del germoplasma que se siembra actualmente en nuestro país.

Las muestras fueron recolectadas similarmente a lo mencionado en el ítem III.1, solo en el primer año las muestras de los exóticos eran de un tamaño entre 50 y 100 gr.

Las semillas correspondientes a cada muestra fueron colocadas en cajas de Petri (58 mm de diámetro y 10 mm de altura) y con un fotocolorímetro triestímulo CM-508 d, (Minolta Corp., Ramsey, NJ, USA), se obtuvieron y registraron los valores triestímulo (X, Y, Z), correspondientes al promedio de 3 determinaciones, se realizaron 25 exposiciones. Las funciones de color se adquirieron para el iluminante C y un ángulo de 2° observador.

Antes de iniciar las mediciones se realizó la calibración del blanco (máximo de absorbancia y 0 de transmitancia) y después se ejecutó la “zero calibration” (máximo de transmitancia y 0 de absorbancia).

III.3. Determinación de aminoácidos

III.3.1. Muestras:

Se muestrearon y analizaron 153 muestras correspondientes a distintos cultivares de soja provenientes de las localidades mencionadas en el ítem III.1 correspondientes a las cosechas del período comprendido entre los años 2001 – 2004 y tres variedades de las denominadas exóticas de las cuales se disponía muestra (Tabla III.3.1 del Anexo VII).

En la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de Marcos Juárez, Provincia de Córdoba se procedió a molerlas y a determinar el contenido de humedad, de aceite y proteínas totales. Las muestras molidas se desgrasaron en Marcos Juárez y fueron almacenadas al abrigo de la luz a una temperatura de 2-8 °C hasta su recepción en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEN). Estas fueron llevadas a temperatura ambiente para el análisis de aminoácidos.

Sólo se contó con datos meteorológicos para 85 muestras.

III.3.2. Drogas, reactivos y solventes para el análisis de aminoácidos

Acetonitrilo (ACN). Calidad para Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) (J.T. Baker AS 1127-001).

Ácido clorhídrico 6N (HCl 6N). Se prepara diluyendo HCl concentrado (p.a., aproximadamente 37% p/p, J.T. Baker 9535-05) con igual cantidad de agua destilada, se agita y se destila.

Ácido clorhídrico 6N destilado, 0,1% fenol (HCl 6N 0,1%Ph). Se pesa 1 g de fenol p.a. (J.T. Baker 2858-01) en un matraz de 1000 ml, se agregan 900 ml de HCl 6N destilado, se agita hasta disolución y luego se lleva a volumen con HCl 6N. Se almacena a temperatura entre 2-8 °C hasta su utilización.

Ácido clorhídrico 1N (HCl 1N). En un matraz de 1000 ml se colocan 800 ml de agua y se agregan lentamente 83 ml de HCl concentrado (p.a., aproximadamente 37% p/p, J.T. Baker 9535-05) se mezclan y se lleva a volumen. Las soluciones de HCl 0,1N y 0,01N se obtienen de sucesivas diluciones del HCl 1N con agua calidad HPLC.

Ácido per fórmico. Se prepara en el momento de su uso haciendo reaccionar ácido fórmico (88% p.a. J.T. Baker 0128-01) con peróxido de hidrógeno (30% p.a., J.T. Baker 2186-01) 90:10.

Agua. El agua calidad HPLC utilizada para todos los procedimientos fue obtenida a través del sistema de purificación NANO pure Diamond (Bamstead International model D11911).

Buffer acetato de sodio 60mM (AcONa 60mM), pH=5,5. Se obtiene disolviendo 4,8 g de Acetato de sodio anhidro (J.T. Baker 3470-19) en agua calidad HPLC, se

ajusta el pH con ácido acético glacial (J.T. Baker 9508-33) y se lleva a volumen (1 litro) con agua calidad HPLC.

Buffer borato 0,4N pH 9,5. Se obtiene disolviendo 0,1 mol de tetraborato de sodio decahidratado (Riedel-de Haën 31457) en agua calidad HPLC y se lleva a pH con hidróxido de sodio 50% primero y luego se ajusta con NaOH 1N.

Hidróxido de sodio 50%. Se pesan en un eldermeyer de 500 ml 125 g de hidróxido de sodio p.a.(J.T. Baker 3722-01) se disuelven en 200 ml de agua calidad HPLC y luego se lleva a 250 ml.

Hidróxido de sodio 4,2N. Se prepara a partir de 50 ml de hidróxido de sodio 50% en un matraz de 100 ml y se diluye con agua calidad HPLC.

Hidróxido de sodio 1N. Se pesan 40 gr de hidróxido de sodio p.a. (J.T. Baker 3722-01), se disuelve en 900 ml de agua calidad HPLC y se diluye hasta 1000 ml.

Metabisulfito de sodio p.a., (J.T. Baker 3552-01).

Metanol calidad HPLC (MeOH). (Tedia MS1922-001).

9-fluorenilmetil-cloroformato (Fmoc). Se pesa con precisión en un tubo con tapa a rosca 10 mg de 9-fluorenilmetil-cloroformato (Avocado A 11683 Research Chemicals Ltd) y se disuelven en 10 ml de acetonitrilo (Tedia AS1127-001), se mezcla en un vortex, se distribuye en viales y se almacena a 0 °C por un período no mayor a 45 días.

Solución de OPA- 3-MPA. Se pesan alrededor de 50 mg de O-ftalaldehído (J.T. Baker U041-01), se disuelven en 5 ml de acetonitrilo (Tedia AS1127-001) y se agrega 50 µl de ácido 3-mercaptopropionico, p.a., (Avocado A 13261 Research Chemicals Ltd) se distribuyen en viales y se almacenan a 0 °C por un período no mayor a 45 días.

Solución stock de norvalina. Se pesa con precisión 20 mg de DL norvalina 99% (Sigma N-7502) en un tubo con tapa a rosca. Se agrega 10 ml de HCl 0,01N, registrando el peso del solvente agregado, se agita hasta disolución.

Solución stock de O-ftalaldehído 2-mercaptoetanol (OPA-2-MCE). Se disuelven 25 mg de O-ftalaldehído (J.T. Baker U041-01 Sigma) en 1 ml de metanol calidad HPLC (Tedia MS 1922-001), se agregan 25 µl de 2-

mercaptoetanol grado molecular (Applichem A1108,0100) y 9 ml de buffer borato.

Solución stock de sarcosina. Se pesan con precisión 20 mg de sarcosina 99% (Aldrich 13,177-6) en un tubo de 1 ml con tapa a rosca. Se agregan 10 ml de HCl 0,01N, registrando el peso del solvente agregado, se agita hasta disolución.

Solución de trabajo de OPA. Se diluyen en un vial 250 µl de solución stock de OPA con 750 µl de buffer borato, se mezcla en un vortex. Esta solución dura 24 hs.

Standard interno, solución de trabajo (SI). Se pesa con precisión en un matraz aforado de 100 ml la cantidad necesaria de las soluciones stock de norvalina y sarcosina, tal que la concentración final de cada standard interno sea de 20 ppm (µg/ml). Se lleva a volumen con HCl 0,01M, se mezcla y se almacena en frasco oscuro a una temperatura entre 2-8° C por un período no mayor a 6 meses.

Tetrahidrofurano (THF) calidad HPLC (J.T. Baker 9440-03).

Tetrahidrofurano 20% en metanol (THF 20%). Se diluyen 200 ml de Tetrahidrofurano (J.T. Baker 9440-03) en 800 ml de metanol (Tedia MS 1922-001) y se mezclan.

III.3.3. Tratamiento de las muestras

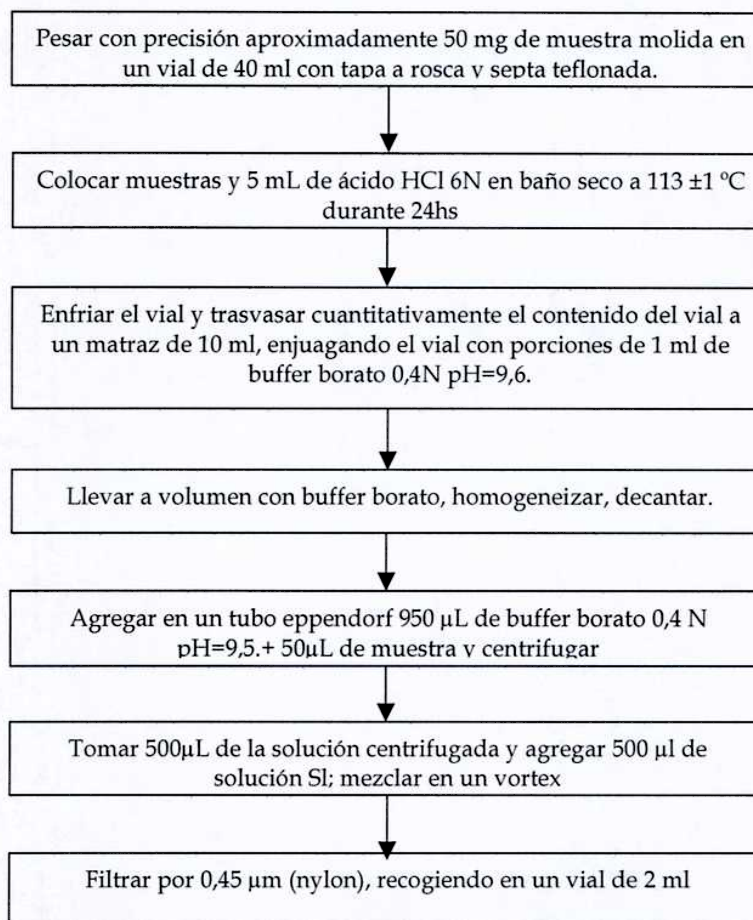
III.3.3.1. Hidrólisis ácida

El método utilizado se basa en el método oficial de la Asociación Oficial de Químicos Analistas Internacional (AOAC oficial Method 980.30) sobre el que se realizaron modificaciones. Se pesan con precisión en un vial de 40 ml con tapa a rosca y septa teflonada alrededor de $50 \pm 0,1$ mg de muestra se agregan 5 ml de HCl 6N 0,1% Ph al que previamente se le ha eliminado el oxígeno presente en la solución mediante un venteo con nitrógeno. Se coloca el vial en un baño (PIERCE Reacti-Therm III™ Heating-Stirring Module N° 18940 Rockford IL) y se hidroliza durante 24hs a 113 ± 1 °C.

Se retira el vial del baño y se enfría. Se transfiere cuantitativamente el contenido del vial a un matraz de 10 ml enjuagando con buffer borato y se lleva a volumen, se mezcla para homogeneizar y se deja decantar 30 minutos.

Se coloca en un tubo eppendorf 50 µl del matraz y se agrega 950 µl de buffer borato, se mezcla en un vortex. En un tubo eppendorf se colocan 500 µl del extracto diluido y se agregan 500 µl de buffer borato, se mezcla en un vortex para homogeneizar. Se centrifuga por 5 minutos. Se coloca en un vial de 2 ml, filtrando a través de filtros de nylon de 0,45 µm, 500 µl del extracto centrifugado y se agregan 500 µl de solución que contiene estándar interno (Diagrama III.3.3.1).

Diagrama III.3.3.1 de flujo de hidrólisis ácida



III.3.3.2. Oxidación Perfórmica seguida de hidrólisis

El método utilizado se basa en los métodos oficiales del AOAC (official Method 980.30; official Method 985.28) sobre el que se realizaron modificaciones. Se pesa con precisión en un vial de 40 ml con tapa a rosca y septa teflonada alrededor de $50 \pm 0,1$ mg de muestra. Se colocan las muestras y el ácido perfórmico recientemente preparado en un baño de hielo durante 15 minutos. Se agregan 2 ml de ácido perfórmico a cada vial, se tapa y se dejan oxidar en baño de hielo por 16hs. Se retiran del baño y se agregan 330 mg de metabisulfito de sodio y luego 5 ml de HCl 6N 0,1% Ph al que previamente se le ha eliminado el oxígeno presente en la solución mediante un venteo con nitrógeno, se hidrolizan 1 hora a 113 ± 1 °C con la tapa abierta en un baño (PIERCE Reacti-Therm IIITM Heating-Stirring Module N° 18940 Rockford IL). Transcurrido dicho tiempo se agrega HCl 6N 0,1% Ph hasta el nivel inicial y se hidroliza 23 horas en dicho baño a 113 ± 1 °C

Se retira el vial del baño y se enfría. Se transfiere cuantitativamente el contenido del vial a un matraz de 10 ml enjuagando con buffer borato y se lleva a volumen, se mezcla para homogeneizar y se deja decantar durante 30 minutos.

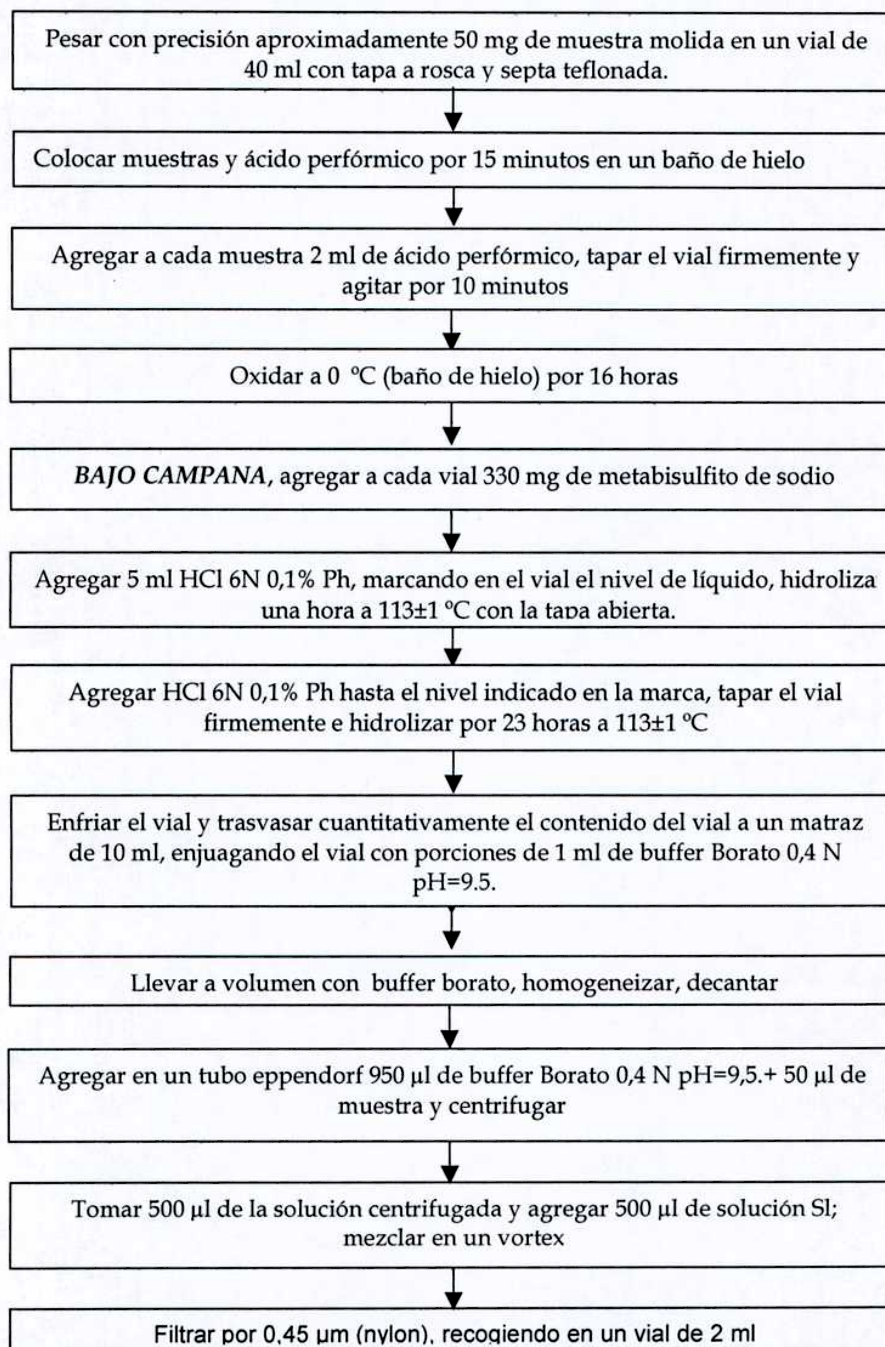
Se coloca en un tubo eppendorf 50 µl del matraz y se agrega 950 µl de buffer borato, se vortea. Se colocan 500 µl del extracto diluido y se agregan 500 µl de buffer borato, se mezcla en un vortex para homogeneizar. Se centrifuga por 5 minutos. Se coloca en un vial de 2 ml, filtrando a través de filtros de nylon de 0,45 µm 500 µl del extracto centrifugado y se agregan 500 µl de solución que contiene standard interno (Diagrama III.3.3.2).

III.3.3.3. Hidrólisis alcalina

El método utilizado se basa en los métodos oficiales del AOAC (official Method 980.30; official Method 988.15) sobre el que se realizaron modificaciones. Se pesa con precisión en un vial de 15 ml con tapa a rosca alrededor de $50 \pm 0,1$ mg de muestra, se agregan 5 ml de NaOH 4,2N al que previamente se le ha eliminado el oxígeno presente en la solución mediante un venteo con nitrógeno. Se coloca el vial en un baño (PIERCE Reacti-Therm IIITM

Heating-Stirring Module N° 18940 Rockford IL) y se hidroliza durante 16 hs a 113 ± 1 °C.

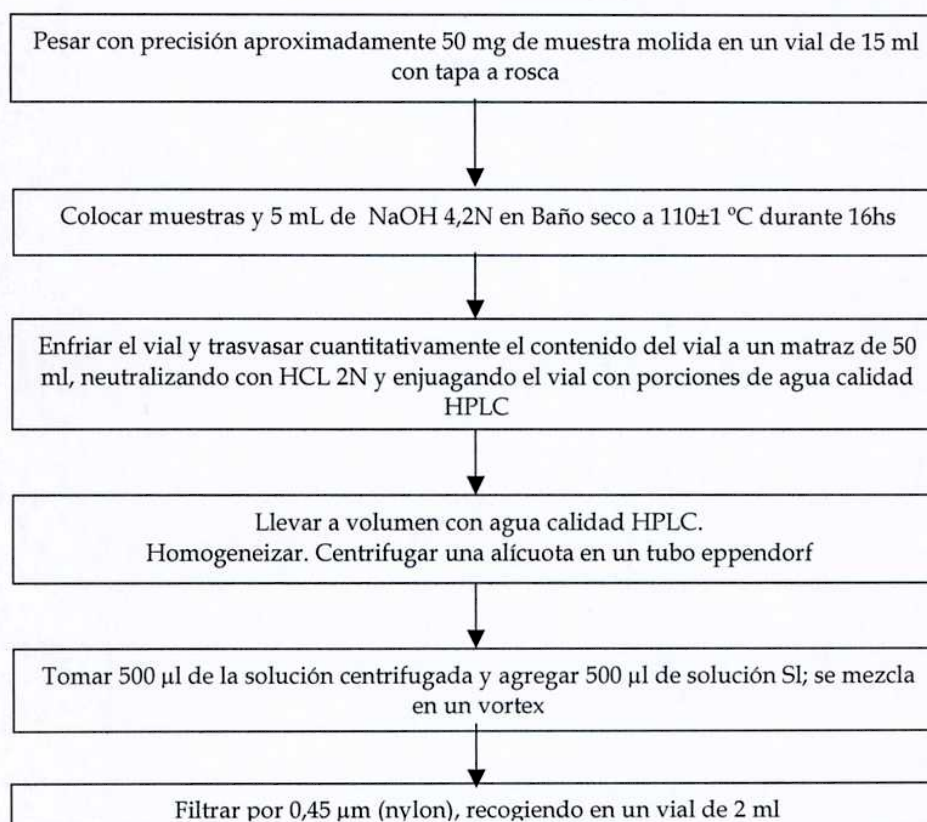
Diagrama III.3.3.2 de flujo de hidrólisis perfórmica



Se retira el vial del baño y se enfría. Se transfiere cuantitativamente el contenido del vial a un matraz de 50 ml, se lleva pH entre 6 y 10 con HCl 2N y se enraza con agua calidad HPLC

Se coloca en un vial de 2 ml, filtrando a través de filtros de nylon de 0,45 μm 500 μl del extracto centrifugado y se agregan 500 μl de solución que contiene el standard interno (Diagrama III.3.3.3).

Diagrama III.3.3.3 de flujo de hidrólisis alcalina



III.3.3.4. Cromatógrafo

Se dispone de un cromatógrafo líquido de alta resolución compuesto por inyector automático (Agilent modelo G1313A), detector de fluorescencia FLD (Agilent modelo 1100), bomba cuaternaria (Agilent modelo 1311A), degasificador de solventes (Agilent modelo G1322A), termostatizador de columna (Agilent modelo G1316A).

III.3.3.5. Cromatografía

- Para la determinación de aminoácidos primarios se utiliza una columna analítica Adsobosphere OPA HS 5 μ m, 100 mm x 4,6 mm (Grace Davison Discovery Science, PN 28064, SN 607102209.1) equipada de un guarda columna BDS-Hypersil - C 18 5 μ m, 10 mm x 4 mm (Termo Scientific, 28105-014001, SN 1071194P). La longitud de onda de excitación es 230 nm y la de emisión 450 nm.
- Para aminoácidos secundarios (prolina e hidroxiprolina) y triptofano se utiliza una columna analítica Adsobosphere OPA HR 5 μ m, 150 mm x 4,6 mm (Alltech PN 28072, SN03030283.2) equipada de un guarda columna BDS-Hypersil- C 18 5 μ m 10 mm x 4 mm (Termo Scientific, 28105-014001, SN 1071194P). La longitud de onda de excitación utilizada en el caso de aminoácidos secundarios es 266 nm y la de emisión 313 nm, mientras que para triptofano la longitud de onda de excitación es 230 nm y la de emisión 450 nm.

III.3.3.5.1. Procedimiento de derivatización, fase móvil y gradiente de elución

El procedimiento de derivatización, fase móvil y gradiente de elución para las distintas determinaciones se detalla a continuación:

- Derivatización para determinación de aminoácidos primarios: el inyector automático toma 5 μ l de Opa-2 MCE (solución de trabajo) que son mezclados con 2 μ l de la muestra dentro del mismo inyector, el cual es programado para agitar la solución derivatizada 5 veces y luego procede a la inyección. La fase móvil formada por tetrahidrofurano (eluyente A), MeOH (eluyente B) y buffer AcONa 60mM, pH=5,5 (eluyente D) y el gradiente de elución va desde 10% A, 2% B a tiempo 0 min hasta 18% A, 5,6% B a tiempo 13min y finaliza 5,0% A, 61,0% B a t = 26 min con un flujo de 1 ml/min y la temperatura de la columna 40 °C.
- Derivatización para determinación de aminoácidos secundarios: el inyector automático toma 1 μ l de Opa-2 MCE (solución de trabajo) que

son mezclados con 1 μ l de la muestra dentro del mismo inyector y luego 1 μ l de FMOC, se agita la solución y luego se procede a la inyección. La fase móvil formada por MeOH (eluyente B) y buffer AcONa 60mM, pH=5,5 (eluyente D); el gradiente de elución va desde 50% B a 80% B en 10 min con un flujo de 1 ml / min y la temperatura de la columna 40 °C.

- Derivatización para determinación de triptofano: el inyector automático toma 5 μ l de Opa-2 MCE (solución de trabajo) que son mezclados con 2 μ l de la muestra dentro del mismo inyector, el cual es programado para agitar la solución derivatizada 5 veces y luego procede a la inyección. La fase móvil formada por THF 20% (eluyente A), MeOH (eluyente B) y buffer AcONa 60mM, pH=5,5 (eluyente D) y el gradiente de elución va desde 7,0% A, 35,0% B a $t = 0$ con un "holding time" de 4,5 min a 17,0% A, 40,0% B a tiempo 9,0 min con un flujo de 1 ml/min y la temperatura de la columna 40 °C.

III.4. Análisis Estadístico

III.4.1. Cálculo del número de sub-muestras por muestra para la medición de peso

Se seleccionaron tres muestras de pesos relativamente diferentes. Se determinó el peso de 100 semillas de cada una de esas muestras (Anexo VII, Tabla III.4.1). Dados los resultados obtenidos y bajo el supuesto de normalidad, se seleccionó el número de sub-muestras a utilizar en el estudio. Se decidió trabajar con 25 sub-muestras por muestra para asegurar un error de estimación de a lo sumo 0,20 y por lo tanto una alta precisión con nivel de confianza 0,95.

III.4.2. Análisis del comportamiento del peso de la semilla de soja

La comparación de las medias se realizó por medio del análisis de varianza (ANOVA), considerando una diferencia entre cultivares significativa cuando el correspondiente p-valor es menor que 0,05 ($p < 0,05$) y altamente significativa cuando es menor que 0,01 ($p < 0,01$). Cuando se detectaron diferencias significativas, el análisis de varianza fue seguido por el test de

comparaciones múltiples de Bonferroni o el test de Tukey para la comparación de medias de a pares, lo que permitió determinar grupos homogéneos. En aquellos casos en que se observó presencia de outliers o diferencias en la forma de las distribuciones, se aplicó también el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Los datos fueron analizados estadísticamente a través del programa Statistix versión 7 del año 2000.

Se realizó también un análisis de conglomerados ("clusters") con el fin de hallar grupos de cultivares de peso similar y poderlos confrontar con los grupos provenientes de un análisis similar para color de semilla. El análisis de clusters es una técnica cuya idea básica es agrupar un conjunto de observaciones en clusters o grupos con los valores de una o más variables. Este agrupamiento se basa en establecer grupos lo más homogéneos posibles y que se encuentren bien diferenciados entre sí. El análisis de conglomerados se realizó utilizando el software R. Se aplicó el método de las k-medias (k-means clustering). Es un método que permite asignar cada observación al cluster que se encuentra más próximo en términos de la media. En general, la distancia empleada es la euclídea. Este método divide un conjunto de datos en un número escogido de grupos mediante la minimización de la variación entre los grupos en relación con la variación entre los grupos.

III.4.3. Análisis Estadístico de color

III.4.3.1. Cálculo del número de sub-muestras por muestra para la medición de color

Se tomaron tres muestras al azar y se realizaron determinaciones de las tres componentes de color en 100 sub-muestras de cada muestra (AnexoVII, Tabla III.4.3.1). En función de los resultados obtenidos y considerando el tiempo que demanda la determinación de color, se decidió trabajar con 25 sub-muestras que aseguran un error de estimación de a lo sumo 2 con nivel de confianza 0,95.

III.4.3.2. Análisis Estadístico de color

Se realizó un análisis de conglomerados ("clusters") considerando los distintos cultivares sembrados en Argentina e incluyendo seis cultivares denominados exóticos. Se analizaron diferentes mediciones de las variables de color de un mismo cultivar sembrado en distintas localidades. Se calcularon las medias de los valores triestímulo (X, Y, Z) para cada cultivar en cada localidad y se estandarizaron las variables restándole el valor medio y dividiéndolo por el desvío estándar.

Se utilizó para el análisis el método de las k-medias (k-means clustering) descrito en el ítem III.4.2 aplicado a los datos estandarizados. Es conveniente estandarizar las variables cromáticas antes de aplicar el método ya que una variable con varianza grande en relación a las demás tendría mayor influencia en el agrupamiento. Una vez obtenidos los grupos, se calcularon los centros no estandarizados (centro por desvío estándar más la media) para poder establecer un ordenamiento en cuanto a color, en grupos de más claro a más oscuro.

III.4.4.1. Análisis estadístico de la relación del clima con el contenido de aminoácidos en el germoplasma de soja

Se realizó un análisis de regresión lineal, se calcularon los coeficientes de regresión y p-valor de cada aminoácido.

Se utilizó un procedimiento iterativo para incluir/excluir las variables climáticas hasta identificar aquellas significativas (al nivel de probabilidad $p < 0,05$), para explicar el contenido de cada aminoácido.

III.4.4.2. Análisis estadístico de la relación del contenido de aminoácidos en el germoplasma de soja

Las relaciones entre las concentraciones de cada aminoácido se analizaron estadísticamente a través del programa del año 2000 de Statistix versión 7. Se calcularon los coeficientes de correlación regresión lineal entre pares de aminoácidos y aminoácidos totales, esenciales y no esenciales.



Resultados y discusión

Ítem IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Peso de la semilla de soja

El análisis de peso de semilla resulta interesante ya que para la producción de tofu se prefieren, como se mencionó en el ítem II.5.2, semillas grandes debido a que estas características producen un producto de alta calidad y rendimiento (Wang y Chang, 1995). También el peso es una herramienta útil para seleccionar aquellas semillas destinadas a la producción de brotes de soja, se prefieren las semillas más pequeñas con el propósito de obtener más brotes por tonelada de semilla.

Como se mencionó en el ítem II.5.2.1 el tamaño puede depender del ambiente en el que crece la semilla, como observó Pedersen (2004) en las variedades estudiadas en EE.UU. Por ello se decidió encarar el estudio de las variaciones entre el peso de semillas de distintos cultivares en una localidad, del mismo cultivar en distintas localidades y en distintas fechas de siembra.

Además del peso, otro factor importante, es el rendimiento (kg/há) que se obtiene para los distintos cultivares. En la **Tabla IV.1.1**, del Anexo VII, se observan los rendimientos de los cultivares que fueron proporcionados por el INTA, Manfredi a saber: A7636, A8000, DM3100, DM3700, DM4400, DM4600, DM4800, cosechados en las localidades de Bellocq, Concepción del Uruguay, General Pico, Manfredi y Marcos Juárez. Al no contar con valores de rendimiento de todas las localidades y genotipos no pudo incluirse en el análisis, este importante parámetro para la selección.

Los datos medidos de peso de todas las repeticiones de las variedades de soja obtenidas de las cosechas 2002-2003, se encuentran en el Anexo VII, **Tabla IV.1.2**. En dicha tabla se puede observar una amplia variación de los valores individuales del peso de semilla que oscilan entre 0,048 gr (mínimo) y 0,3501 gr (máximo). Los valores promedio de las 25 repeticiones de cada variedad en las distintas localidades oscilan entre 0,1154 gr en la localidad de Manfredi y 0,2143 gr en la localidad de Bellocq (Anexo VII, **Tabla IV.1.3**). Las diferencias entre el peso máximo y mínimo hallado en los cultivares analizados, varió entre 0,272 y

0,302 gr por semilla, siendo estas diferencias mayores que las reportadas por Panthee (2005) y Egli y col. (1987) para otras variedades.

Los datos de peso de semilla para la selección de brotes de soja fueron analizados estadísticamente, como se indicó en el ítem **III.4.2** de materiales y métodos a través del Análisis de varianza (ANOVA), en los casos donde la distribución fue normal se usó el test de Bonferroni o el test de Tukey, para la comparación de medias ($p < 0,05$). En aquellos casos en que se observó presencia de outliers o diferencias en la forma de las distribuciones, se aplicó también el test no paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha > 0,05$). Dado que se obtuvieron resultados similares, se reportan sólo los resultados del test F clásico.

IV.1.1. Peso de semilla de los genotipos sembrados en cada localidad

IV.1.1.a. Alvear

Esta localidad se encuentra en una zona catalogada como Zona Núcleo (Rizzo y Mihura, 2009). En este caso se presentan todas las Tablas, Figuras y Gráficos correspondientes a los análisis realizados, pero para las restantes localidades sólo se mostrará una Tabla resumen que incluye las medias, los grupos que se conformaron, el desvío estándar y el número de repeticiones, mientras que las demás Tablas, Figuras y Gráficos se podrán encontrar en el AnexoVII, Análisis IV.1.1.

En la Figura IV.1.1.a.1 se presentan los “box-plots” de los distintos cultivares correspondientes a la localidad de Alvear. La distribución de los pesos presenta en la mayoría de los cultivares un comportamiento normal, y se observan pocos “outliers”.

Se aprecian diferencias en las varianzas de los pesos entre cultivares, lo cual es corroborado por el test de Bartlett (Tabla IV.1.1.a.1). En dicha Tabla se puede observar que el test de Análisis de la varianza (ANOVA) clásico detecta diferencias altamente significativas entre cultivares ($p < 0,01$).

Con el fin de establecer grupos homogéneos (diferencias entre medias no significativas) se aplicó el test de Tukey con un nivel global de 0,05. Los resultados se presentan en la Tabla IV.1.1.a.2.

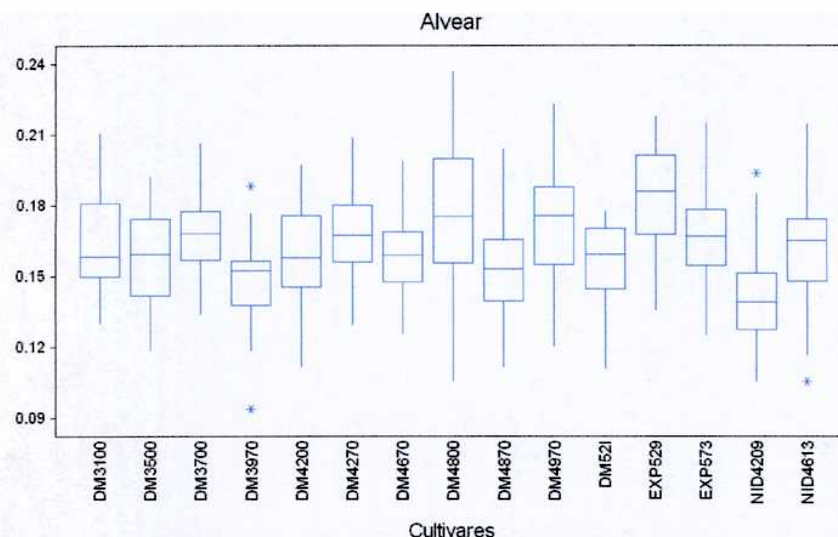


Figura IV.1.1.a.1 Box Plots del peso de la semilla de los cultivos sembrados en la localidad de Alvear

ONE-WAY AOV FOR: G16 G17 G18 G19 G20 G21 G22 G23 G24 G25 G26 G27 G28 G29 G4					
SOURCE	DF	SS	MS	F	P
BETWEEN	14	0.07826	0.00559	11.71	0.0000
WITHIN	609	0.29076	4.774E-04		
TOTAL	623	0.36902			
BARTLETT'S TEST OF EQUAL VARIANCES					
		CHI-SQ	DF	P	
		21.82	14	0.0823	
COCHRAN'S Q					
			0.1245		
LARGEST VAR / SMALLEST VAR					
			2.6218		
COMPONENT OF VARIANCE FOR BETWEEN GROUPS					
				1.240E-04	
EFFECTIVE CELL SIZE					
				41.2	
VARIABLE	MEAN	SAMPLE SIZE	GROUP STD DEV		
G16	0.1641	49	0.0202		
G17	0.1681	25	0.0182		
G18	0.1828	50	0.0217		
G19	0.1685	50	0.0192		
G20	0.1613	50	0.0223		
G21	0.1537	50	0.0228		
G22	0.1477	25	0.0207		
G23	0.1600	50	0.0188		
G24	0.1643	25	0.0215		
G25	0.1577	25	0.0206		
G26	0.1711	75	0.0240		
G27	0.1555	25	0.0184		
G28	0.1402	50	0.0185		
G29	0.1584	25	0.0237		
G4	0.1785	50	0.0294		
TOTAL	0.1633	624	0.0219		

Tabla IV.1.1.a.1 Análisis de ANOVA del peso de la semilla de los distintos cultivos sembrados en la localidad de Alvear

TUKEY (HSD) COMPARISON OF MEANS		
VARIABLE	MEAN	HOMOGENEOUS GROUPS
G18	0.1828	I
G4	0.1785	I I
G26	0.1711	I I I
G19	0.1685	I I I
G17	0.1681	I I I I
G24	0.1643	.. I I I
G16	0.1641	.. I I I
G20	0.1613	 I I
G23	0.1600	 I I
G29	0.1584	 I I
G25	0.1577	 I I I
G27	0.1555	 I I I
G21	0.1537	 I I
G22	0.1477	 I I
G28	0.1402	 I

THERE ARE 5 GROUPS IN WHICH THE MEANS ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT FROM ONE ANOTHER.

CRITICAL Q VALUE 4.794 REJECTION LEVEL 0.050
STANDARD ERRORS AND CRITICAL VALUES OF DIFFERENCES VARY BETWEEN COMPARISONS BECAUSE OF UNEQUAL SAMPLE SIZES.

Tabla IV.1.1.a.2 Test de Tukey para determinación de grupos homogéneos de los distintos cultivos sembrados en la localidad de Alvear

En la **Tabla IV.1.1.a.3** se presenta un resumen de lo observado que incluye los valores de la media de cada cultivar sembrado en la localidad de Alvear, el número de repeticiones, la desviación estándar y los grupos homogéneos. En la columna correspondiente a grupos homogéneos, dichos grupos se indican con una barra vertical.

De los resultados de los grupos formados se deduce que los cultivos sembrados en la localidad de Alvear (Provincia de Buenos Aires) no presentaron, para la variable peso de semilla, diferencias significativas respecto a los grupos de madurez, aunque se pueden observar diferencias significativas entre el grupo formado por EXP 0529 (GM V), DM4800 (GM IV), DM4970 (GM IV), DM4270 (GM IV), DM3700 (GM III) y el conformado por los cultivos DM3500 (GM III), DM5.2i (GM V), DM4870 (GMIV), DM3970 (GM III), NIDERA4209 (GM IV).

Cultivar	Código	Nº de Repeticiones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos homogéneos
EXP 0529	G18	50	0,1828	0,0217	
DM4800	G4	50	0,1785	0,0294	
DM4970	G26	75	0,1711	0,0240	
DM4270	G19	50	0,1685	0,0192	
DM3700	G17	25	0,1681	0,0182	
EXP 0573	G24	25	0,1643	0,0215	
DM3100RG	G16	49	0,1641	0,0202	
NIDERA4613	G20	50	0,1613	0,0223	
DM4670	G23	50	0,1600	0,0188	
DM4200	G29	25	0,1584	0,0237	
DM3500	G25	25	0,1577	0,0206	
DM5.2i	G27	25	0,1555	0,0184	
DM4870	G21	50	0,1537	0,0228	
DM3970	G22	25	0,1477	0,0207	
NIDERA4209	G28	50	0,1402	0,0185	
Total		624	0,1633	0,0219	

Tabla IV.1.1.a.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Alvear

IV.1.1.b. América

Esta localidad se encuentra en una zona catalogada como Oeste arenoso (Rizzo y Mihura, 2009).

En la **Figura IV.1.1.b.1** (Anexo VII, Análisis IV.1.1) se observan los box-plots de los pesos de los distintos cultivares correspondientes a la localidad América. La distribución de los pesos presenta en la mayoría de los cultivares un comportamiento normal y se observan algunos outliers.

Con el fin de establecer grupos homogéneos (diferencias entre medias no significativas) se aplicó el test de Bonferroni con un nivel global de 0,05 (**Tablas IV.1.1.b.1 y IV.1.1.b.2**, Anexo VII, Análisis IV.1.1).

En la **Tabla IV.1.1.b.3** se presentan los valores de la media de cada cultivar sembrado en la localidad de América, el número de repeticiones y la desviación estándar y los grupos homogéneos correspondiente.

Cultivar	Código	Nº de Repeticiones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos homogéneos
DM4970	I26	25	0,1755	0,0190	
DM3700	I17	25	0,1732	0,0315	
NIDERA4613	I20	25	0,1626	0,0217	
DM3500	I25	25	0,1624	0,0188	
DM4200	I29	25	0,1569	0,0173	
EXP 0573	I24	25	0,1555	0,0167	
DM4670	I23	25	0,1551	0,0191	
DM4870	I21	25	0,1538	0,0170	
NIDERA4209	I28	25	0,1472	0,0230	
DM3970	I22	25	0,1404	0,0234	
Total		250	0,1583	0,0212	

Tabla IV.1.1.b.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de América

Estos cultivares fueron sembrados en lo que describimos como segunda fecha de siembra en la localidad de América, Provincia de Buenos Aires (Análisis III.1.) no presentaron, respecto al peso de semilla, diferencias significativas, tampoco, como en la localidad anterior, diferencias en cuanto a los grupos de madurez.

IV.1.1.c. Bellocq

Es una zona catalogada como zona Núcleo (Rizzo y Mihura, 2009).

En la **Figura IV.1.1.c.1** (AnexoVII, Análisis IV.1.1) se observa los box-plots de los pesos de los distintos cultivares correspondientes a la localidad Bellocq. La distribución de los pesos presenta en la mayoría de los cultivares un comportamiento normal, aquí también se observan algunos outliers.

Para establecer los grupos homogéneos se aplicó el test de Bonferroni con un nivel global de 0,05. Los resultados se presentan en el Anexo VII, Análisis IV.1.1, **Tablas IV.1.1.c.1 y IV.1.1.c.2.**

En la **Tabla IV.1.1.c.3** se presentan los valores de la media de cada cultivar sembrado en la localidad de Bellocq (Provincia de Buenos Aires), el número de repeticiones, la desviación estándar y los grupos homogéneos.

Cultivar	Código	Nº de Repeticiones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
DM4800	F4	150	0,2143	0,0359	I
A3901	F8	150	0,2057	0,0382	II
DM3100	F16	150	0,1953	0,0329	III
DM4600	F10	150	0,1914	0,0371	III
A4303	F9	150	0,1845	0,0324	III
AW2886	F47	150	0,1714	0,0352	IV
Total		900	0,1938	0,0354	

Tabla IV.1.1.c.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Bellocq

Existen diferencias significativas entre el grupo formado por DM4800 (GM IV) y A3901 (GM III) y el grupo formado por AW2886 (GM 2.8).

Lo mismo ocurre entre el grupo formado por A3901 (GM III), DM3100 (GM III), DM4600 (GM IV), A4303 (GM IV) y el grupo formado por AW2886.

IV.1.1.d. Concepción del Uruguay

Es una zona clasificada como zona Entre Ríos (Rizzo y Mihura, 2009).

La **Figura IV.1.1.d.1** (Anexo VII, Análisis IV.1.1) se muestran los box-plots de los pesos de los distintos cultivares correspondientes a la localidad de Concepción del Uruguay. La distribución de los pesos de los cultivares presenta un comportamiento normal y se observan pocos outliers.

Con el fin de establecer los grupos homogéneos se aplicó el test de Tukey con un nivel global de 0,05. Los resultados se presentan en el Anexo VII, Análisis IV.1.1, **Tablas IV.1.1.d.1 y IV.1.1.d.2**.

En la **Tabla resumen IV.1.1.d.3** se encuentran los valores de la media de cada cultivar sembrado, el número de repeticiones, la desviación estándar y los grupos homogéneos conformados.

Cultivar	Código	Nº de Repeticiones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
DM4800	A3	75	0,1615	0,0264	
A3901	A8	75	0,1596	0,0288	
DM4600	A10	75	0,1505	0,0271	
A4303	A9	50	0,1469	0,0269	
A6411	A1	75	0,1325	0,0301	
A5409	A6	50	0,1271	0,0218	
Total		400	0,1475	0,0273	

Tabla IV.1.1.d.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Concepción del Uruguay

Se observó que los cultivares DM4800 (GMIV), A3901(GMIII), DM4600 (GMIV) y A4303 (GMIV) conforman un grupo que difiere significativamente de aquel integrado por el cultivar A5409 (GMV) y por A6411(GMVI), los cuales presentan valores de peso menores.

El peso de las semillas de los cultivares sembrados en la localidad de Concepción del Uruguay (Provincia de Entre Ríos) presenta diferencias significativas entre GM. Para esta localidad se observa que los cultivares de mayor grupo de madurez (V y VI) tienen menor peso.

IV.1.1.e. Daireaux

Es una zona catalogada como zona Núcleo (Rizzo y Mihura, 2009).

La distribución de los peso de las semillas de los cultivares sembrados en Daireaux presenta un comportamiento normal como se muestra en la **Figura IV.1.1.e.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.1 pudiéndose observar que presentan outliers.

En la **Tabla IV.1.1.e.1** se presentan las medias, el número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos surgido de aplicar el test de ANOVA (**Tabla IV.1.1.e.2**, Anexo VII, Análisis IV.1.1).

Cultivar	Código	Nº de Mediciones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
DM4800	H4	50	0,2021	0,0299	I
DM5.2i	H27	100	0,1848	0,0313	II
Total		150	0,1905	0,0309	

Tabla IV.1.1.e.1 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Daireaux

Los cultivares sembrados en segunda fecha en la localidad de Daireaux (Provincia de Buenos Aires) presentaron, respecto al peso de semilla, diferencias significativas entre los grupos de madurez.

Como se puede observar en la Tabla IV.1.1.e.1 el cultivar DM4800 (GMIV) que presenta un mayor peso de grano que el DM5.2i del GM V, estimándose esa diferencia en un 9,4%. Se puede apreciar que en esta localidad a GM más alto menor es el peso, similar a lo observado en la localidad de Concepción del Uruguay.

IV.1.1.f. General Pico

Esta localidad es calificada como oeste arenoso (Rizzo y Mihura, 2009).

Los pesos de las semillas de los cultivares sembrados en General Pico presentan una distribución normal, observándose algunos outliers (**Figura IV.1.1.f.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.1).

En la **Tabla IV.1.1.f.1** se presentan las medias de los pesos, el número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos surgido de aplicar el test de Tukey (**Tablas IV.1.1.f.2 y IV.1.1.f.3** del Anexo VII, Análisis IV.1.1).

Analizando la variable peso de semillas, los cultivares sembrados en General Pico (Provincia de La Pampa) no presentaron diferencias significativas respecto del grupo de madurez.

Sin embargo se podrían agrupar DM4800 (GM IV) con los cultivares RAR307 (GM III), AW4500(GM IV), A3550 (GM III), TJ2037 (GM III), A4201(GM IV), DM3700 (GM III), PICA 40 (GM IV), DM3100 (GM III), los cuales difieren

significativamente del grupo formado por AW2886 (GM II), A4303 (GMIV), A4910 (GM IV), A5417 (GM V), DM2000 (GM II), DM4600 (GM IV).

Cultivar	Código	Nº de Mediciones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
DM4800	E4	75	0,1841	0,0391	
RAR307	E58	25	0,1793	0,0289	
AW4500	E36	75	0,1787	0,0245	
A3550	E5	75	0,1755	0,0314	
TJ2037	E59	25	0,1717	0,0285	
A4201	E51	75	0,1695	0,0282	
DM3700	E17	100	0,1682	0,0326	
PICA40	E61	25	0,1674	0,0190	
DM3100	E16	75	0,1667	0,0304	
A4725	E34	125	0,1662	0,0315	
A5409	E6	75	0,1656	0,0321	
A3901	E8	75	0,1644	0,0290	
RAR409	E60	25	0,1600	0,0326	
AW2886	E47	125	0,1566	0,0235	
A4303	E9	100	0,1516	0,0367	
A4910	E12	50	0,1502	0,0316	
A5417	E46	100	0,1572	0,0295	
DM2000	E55	50	0,1419	0,0252	
DM4600	E10	25	0,1365	0,0260	
Total		1300	0,1634	0,0304	

Tabla IV.1.1.f.1 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de General Pico

IV.1.1.g. La Banda del Río Salí

Esta localidad es catalogada como región NOA (Rizzo y Mihura, 2009).

La distribución de los peso de las semillas de los cultivares sembrados en la localidad de La Banda del Río Salí, provincia de Tucumán, presentan un comportamiento normal y se pueden observar algunos outliers (Figura IV.1.1.g.1 del Anexo VII, Análisis IV.1.1)

En la **Tabla IV.1.1.g.1** se presentan las medias de los pesos, el número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos surgido de aplicar el test de Tukey (**Tablas IV.1.1.g.2 y IV.1.1.g.3** del Anexo VII, Análisis IV.1.1).

Cultivar	Código	Nº de Mediciones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
A7053	C32	75	0,1812	0,0373	
A9000	C14	75	0,1739	0,0380	
DM4800	C4	75	0,1681	0,0325	
RA518	C43	50	0,1632	0,0358	
A6411	C1	75	0,1577	0,0379	
A7118	C41	50	0,1572	0,0356	
A5417	C42	50	0,1540	0,0346	
A4725	C34	75	0,1536	0,0287	
A7636	C13	75	0,1518	0,0372	
A4910	C12	50	0,1500	0,0396	
A7321	C38	75	0,1486	0,0560	
A5409	C6	75	0,1421	0,0276	
AW4500	C36	75	0,1405	0,0336	
A8000	C15	50	0,1400	0,0363	
RA516	C31	75	0,1388	0,0358	
A8100	C33	75	0,1384	0,0271	
RA514	C35	50	0,1384	0,0314	
A6019	C39	75	0,1367	0,0435	
RA626	C37	75	0,1287	0,0301	
R1861	C30	75	0,1238	0,0391	
Total		1350	0,1492	0,0365	

Tabla IV.1.1.g.1 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de La Banda del Río Salí

Se pueden observar diferencias entre el grupo de cultivares formado por A7053 (GM VII), A9000 (GM IX), DM4800 (GM IV) y el grupo compuesto por A5409 (GM V), AW4500 (GM IV), A8000 (GM VIII), RA516 (GM V), A8100 (GM VIII), RA514 (GM V), A6019 (GMVI), RA626 (GMVI) y R1861 (GM VI).

Lo mismo ocurre con A9000 (GM IX), DM4800 (GM IV), RA518 (GMV), A6411 (GM VI), A7118 (GM VII), A5417 (GM V) y A4725(GM IV), A7636 (GMVII), A4910 (GM IV) y A7321(GM VII) que difiere del grupo compuesto por A5409 (GM V), AW4500 (GM IV), A8000 (GM VIII), RA516 (GM V), A8100 (GM VIII), RA514 (GM V), A6019 (GMVI), RA626 (GMVI) y R1861 (GM V).

En la localidad de La Banda del Río Salí en la variable peso de semillas no se observan diferencias significativas respecto de los grupos de madurez.

IV.1.1.h. Las Breñas

La localidad de Las Breñas se encuentra en una zona clasificada como NEA (Rizzo y Mihura, 2009).

En la **Figura IV.1.1.h.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.1, se observa que los distintos cultivares sembrados en esta localidad presentan una distribución normal respecto de los pesos de las semillas existiendo algunos outliers.

En la **Tabla IV.1.1.h.1** se presentan las medias de los pesos, el número de repeticiones, el desvío estándar y los grupos homogéneos de los cultivares sembrados en dicha localidad. Estos grupos homogéneos surgieron de la comparación de medias mediante el test de Bonferroni (**Tablas IV.1.1.h.2 y IV.1.1.h.3** del Anexo VII, Análisis IV.1.1).

Cultivar	Código	Nº de Mediciones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
A4910	D12	75	0,1736	0,0332	I
A7636	D13	75	0,1631	0,0307	
A6411	D1	50	0,1618	0,0271	
A8000	D15	75	0,1412	0,0304	II
A5409	D6	75	0,1409	0,0252	
A9000	D14	74	0,1339	0,0256	
Total		424	0,1519	0,0290	

Tabla IV.1.1.h.1 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Las Breñas

Existen diferencias significativas entre el grupo de cultivares A4910 (GM IV), A7636 (GM VII) y A6411 (GMVI) y el grupo formado por A8000 (GM VIII), A9000 (GM IX), A5409 (GM V).

Los cultivares que fueron sembrados en la localidad de Las Breñas (Provincia del Chaco) no presentaron, respecto a los grupos de madurez, diferencias significativas en cuanto a peso de semilla.

IV.1.1.i. Manfredi

Es una zona catalogada como zona Núcleo (Rizzo y Mihura, 2009).

En la **Figura IV.1.1.i.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.1 se observan los box-plots de los distintos cultivares correspondientes a la localidad de Manfredi (Provincia de Córdoba). La distribución de los pesos presenta en la mayoría de los cultivares un comportamiento normal, observándose algunos outliers.

En la **Tabla IV.1.1.i.1** se presentan los valores de la media de cada cultivar sembrado en la localidad de Manfredi, el número de repeticiones, la desviación estándar y los grupos homogéneos que surgen de aplicar el test de Bonferroni (**Tablas IV.1.1.i.2 y IV.1.1.i.3** del Anexo VII, Análisis IV.1.1).

Cultivar	Código	Nº de Mediciones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
DM4800	B4	1075	0,1477	0,0315	
A6411RG	B1	50	0,1410	0,0313	
A5409	B6	75	0,1395	0,0325	
A8000	B15	50	0,1374	0,0334	
DM4600	B10	75	0,1322	0,0289	
A3901	B8	74	0,1156	0,0271	
A4303	B9	75	0,1154	0,0268	
Total		1474	0,1427	0,0311	

Tabla IV.1.1.i.1 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Manfredi

Se pueden determinar dos grupos significativamente diferentes: DM4800 (GM IV), A6411 (GM VI), A5409 (GM V), A8000 (GMVIII) y DM4600 (GM IV) que se diferencian del grupo formado por A3901 (GM III) y A4303 (GM IV) que presentaron pesos menores.

Los cultivares sembrados en la localidad de Manfredi (Provincia de Córdoba) no presentaron, respecto a los grupos de madurez, diferencias significativas acerca del peso de semilla.

IV.1.1.j. Marcos Juárez

Es una zona clasificada como zona Núcleo (Rizzo y Mihura, 2009).

En la **Figura IV.1.1.j.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.1 se observa que los distintos cultivares sembrados en esta localidad de la provincia de Córdoba presentan una

distribución normal respecto de los pesos de las semillas aunque existen algunos outliers.

En la **Tabla IV.1.1.j.1** se presentan los valores de la media de cada cultivar sembrado en la localidad de Marcos Juárez, el número de repeticiones, la desviación estándar y grupos homogéneos luego de aplicar el test de Bonferroni con un nivel global de 0,05 (**Tablas IV.1.1.j.2 y IV.1.1.j.3** del Anexo VII, Análisis IV.1.1).

Cultivar	Código	Nº de Mediciones	Media (g)/ sem	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
DM4970	J26	25	0,1847	0,0248	
DM3700	J17	25	0,1686	0,0234	
EXP 0529	J18	25	0,1685	0,0252	
NIDERA4613	J20	25	0,1610	0,0249	
DM4200	J29	25	0,1584	0,0237	
DM4270	J19	25	0,1541	0,0245	
DM3970	J22	25	0,1468	0,0326	
NIDERA4209	J28	25	0,1414	0,0197	
Total		200	0,1604	0,0251	

Tabla IV.1.1.j.1 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos de los cultivares sembrados en la localidad de Marcos Juárez

Se observan diferencias significativas entre el grupo de cultivares formado por DM4970 (GM IV), DM3700 (GM III), EXP 0529 (GM V) y el grupo compuesto por NIDERA4613 (GM IV), DM4200 (GM IV), DM4270 (GMIV), DM3970 (GM III) y NIDERA4209 (GM IV), este último con pesos de semillas menores.

Los cultivares sembrados en la localidad de Marcos Juárez (Provincia de Córdoba) no presentaron, respecto a los grupos de madurez, diferencias significativas en relación al peso de la semilla.

Discusión

Se pudieron determinar los cultivares que presentaban significativamente menores pesos de semilla en cada localidad, resultado importante para la selección de semillas para la producción de brotes de soja.

Los cultivares del GM III, ciclo largo, IV y VI fueron sembrados tanto en Manfredi como en otras localidades, presentando en esta, una tendencia a pesos de semilla menores en el momento de la cosecha.

Tanto en Bellocq como en Daireaux no hay ninguna variedad cuyo peso sea menor a 0,1500g y surge del análisis que en estas localidades de la Provincia de Buenos Aires se obtuvieron granos con mayor peso.

Solo en las localidades de Concepción del Uruguay (Pcia. de Entre Ríos) y en Daireaux (Pcia. de Bs. As.) se pudo observar que los grupos de madurez mas altos (GM V y VI) presentaron menores valores de peso de semilla que los grupos de madurez III y IV.

IV.1.2. Peso de semilla de cada genotipo en distintas localidades

Solo se consideraron en el análisis los cultivares presentes en más de una localidad.

IV.1.2a. Cultivar DM4270

En el Anexo VII, Análisis IV.1.2 se observa la **Figura IV.1.2.a.1** correspondiente a los box-plots del peso de semilla del cultivar DM4270 sembrado en distintas localidades. La distribución de los pesos presenta en las localidades un comportamiento normal apreciándose pocos outliers. Se realizó el test de ANOVA clásico **Tabla IV.1.2.a.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 donde se manifiestan diferencias altamente significativas entre localidades ($p < 0,01$).

En la **Tabla IV.2.1.a.2** se presentan los valores de la media, número de repeticiones y desviación estándar del peso de la semilla del cultivar DM4270 sembrado en cada localidad.

El cultivar DM4270 perteneciente al Grupo de madurez IV, de ciclo corto y hábito de crecimiento (HC) indeterminado mostró, en cuanto al comportamiento de peso de semillas, diferencias significativas entre localidades, siendo las de mayor peso las obtenidas en Alvear (Provincia de Buenos Aires).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar(g)	Grupos Homogéneos
Alvear	G19	50	0,1685	0,0192	I
Marcos Juárez	J19	25	0,1541	0,0245	I
Total		74	0,1637	0,0211	

Tabla IV.1.2.a.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4270 sembrado en las localidades de Marcos Juárez y Alvear

De aquí en más para los demás cultivares sembrados en las diferentes localidades se procederá al mismo análisis.

IV.1.2.b. Cultivar DM 4970

En la **Figura IV.1.2.b.1** incluida en el Anexo VII, Análisis IV.1.2 se observa una distribución normal del peso y el test de ANOVA (**Tabla IV.1.2.b.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) no mostró diferencias entre localidades.

Por lo tanto el cultivar **DM4970** que es un cultivar del GMIV ciclo largo HC indeterminado sembrado en las localidades de Marcos Juárez (Provincia de Córdoba), Alvear y América (Provincia de Buenos Aires) no presenta diferencias significativas en el peso de la semilla (**Tabla IV.1.2.b.2**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar(g)	Grupos Homogéneos
Marcos Juárez	J26	25	0,1847	0,0248	
Alvear	G26	50	0,1773	0,0221	
América	I26	25	0,1755	0,0190	
Total		100	0,1787	0,0221	

Tabla IV.2.1.b.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4970 sembrado en las localidades de Marcos Juárez, Alvear y América

IV.1.2.c. EXP0529

La distribución de los pesos en ambas localidades es normal (**Figura IV.1.2.c.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) y el test de ANOVA revela diferencias significativas entre localidades (**Tabla IV.1.2.c.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El cultivar EXP0529 que pertenece al GM V y que fue sembrado en la localidad de Alvear (Provincia de Buenos Aires) muestra diferencias (Tabla IV.1.2.c.2), con respecto al peso de la semilla, comparado con el mismo cultivar sembrado en Marcos Juárez (Provincia de Córdoba).

Se estima que en Alvear el peso es 8,5 % mayor que en Marcos Juárez.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar(g)	Grupos Homogéneos
Alvear	G18	50	0,1828	0,0217	
M. Juárez	J18	25	0,1685	0,0252	
Total		75	0,1781	0,0229	

Tabla IV.1.2.c.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar EXP0529 sembrado en las localidades de Alvear y Marcos Juárez

IV.1.2.d. DM3500

En la Figura IV.1.2.d.1 del Anexo VII, Análisis IV.1.2 se presenta los box-plots de los pesos para las distintas localidades observándose una distribución normal. El test de ANOVA (Tabla IV.1.2.d.1 del Anexo VII, Análisis IV.1.2) no presenta diferencias significativas en el peso de la semilla.

El cultivar DM3500 que pertenece al GM III, ciclo medio y HC indeterminado, sembrado en las localidades de Alvear y América, ambas pertenecientes a la Provincia de Buenos Aires, no muestra diferencias significativas en cuanto al comportamiento del peso de la semilla, entre localidades (Tabla IV.1.2.d.2).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
América	I25	25	0,1624	0,0188	
Alvear	G25	50	0,1582	0,0217	
Total		76	0,1596	0,0208	

Tabla IV.1.2.d.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM3500 sembrado en las localidades de Alvear y América

IV.1.2.e. Cultivar DM3700

La distribución de los pesos de la semilla resultó ser normal según se observa en la **Figura IV.1.2.e.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 y el test de ANOVA (**Tabla IV.1.2.e.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) no arroja diferencias en el peso para las diferentes localidades.

El parámetro peso de semilla del cultivar DM3700 del GM III, ciclo largo y HC indeterminado, sembrado en las localidades de Alvear, América ambas situadas en la Provincia de Buenos Aires, General Pico (Provincia de La Pampa) y Marcos Juárez (Provincia de Córdoba) no mostró diferencias significativas en dichas localidades (**Tabla IV.2.1.e.2**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos	
América	I17	25	0,1732	0,0315		
M. Juárez	J17	25	0,1686	0,0234		
Gral.Pico	E17	100	0,1682	0,0326		
Alvear	G17	25	0,1681	0,0182		
Total		175	0,1689	0,0296		

Tabla IV.2.1.e.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM3700 sembrado en las localidades de Alvear, América, General Pico y Marcos Juárez

IV.1.2.f. Cultivar DM3970

En la **Figura IV.1.2.f.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 se observa una distribución normal del peso y el test de ANOVA (**Tabla IV.1.2.f.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) no mostró diferencias entre localidades.

Por lo tanto el cultivar DM3970 del GM III, ciclo largo, sembrado en las localidades de Alvear, América (Provincia de Buenos Aires) y Marcos Juárez (Provincia de Córdoba) no mostró diferencias significativas en cuanto a peso de semilla, en dichas localidades (**Tabla IV.1.2.f.2**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Alvear	G22	25	0,1477	0,0207	
M. Juárez	J22	25	0,1468	0,0326	
América	I22	25	0,1404	0,0234	
Total		75	0,1449	0,0261	

Tabla IV.1.2.f.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM3970 sembrado en las localidades de Alvear, América y Marcos Juárez

IV.1.2.g. Cultivar DM4200

En la **Figura IV.1.2.g.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 se observa una distribución normal de los pesos presentándose algún outlier. El test de ANOVA, **Tabla IV.1.2.g.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2, muestra que no existen diferencias de peso entre localidades.

El cultivar DM4200 del GM IV, ciclo corto, sembrado en las localidades de Alvear (Provincia de Buenos Aires), América (Provincia de Buenos Aires) y Marcos Juárez (Provincia de Córdoba) no mostró diferencias significativas con respecto al peso de la semilla, en éstas localidades (**Tabla IV.1.2.g.2**).

Localidad	Código	Número de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Alvear	G29	25	0,1653	0,0219	
M. Juárez	J29	25	0,1584	0,0237	
América	I29	25	0,1569	0,0173	
Total		75	0,1602	0,0212	

Tabla IV.1.2.g.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4200 sembrado en las localidades de Alvear y América

IV.1.2.h. Cultivar NIDERA 4209

En la **Figura IV.1.2.h.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 se presenta los box-plots de los pesos para las distintas localidades observándose una distribución

normal y con algunos outliers. El test de ANOVA (Tabla IV.1.2.h.1 del Anexo VII, Análisis IV.1.2) no presenta diferencias significativas en el peso de la semilla.

El peso de la semilla en el cultivar NIDERA4209 del GM IV, ciclo corto y HC indeterminado sembrado en las localidades de Alvear, América y Marcos Juárez, no mostró diferencias significativas entre localidades (Tabla IV.1.2.h.2).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
América	I28	25	0,1472	0,0230	
M. Juárez	J28	25	0,1414	0,0197	
Alvear	G28	50	0,1402	0,0185	
Total		100	0,1422	0,0200	

Tabla IV.1.2.h.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar NIDERA 4209 sembrado en las localidades de Alvear y América

IV.1.2.i. Cultivar DM4670

La distribución de los pesos para ambas localidades es normal, como se observa en la Figura IV.1.2.i.1 del Anexo VII, Análisis IV.1.2. El test de ANOVA revela que no existen diferencias en el peso para estas localidades (Tabla IV.1.2.i.1 del Anexo VII, Análisis IV.1.2).

Por lo tanto el cultivar DM4670 del GM IV, ciclo medio y HC indeterminado sembrado en las localidades de Alvear y América (Provincia de Buenos Aires) no mostró, para la variable peso de semilla, diferencias significativas en ambas localidades (Tabla IV.1.2.i.2).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Alvear	G23	50	0,1600	0,0188	
América	I23	25	0,1551	0,0191	
Total		75	0,1584	0,0189	

Tabla IV.1.2.i.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4200 sembrado en las localidades de Alvear y América

IV.1.2.j. Cultivar DM4870

La distribución de los pesos de la semilla resultó ser normal según se observa en la **Figura IV.1.2.j.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 y el test de ANOVA (**Tabla IV.1.2.j.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) no arroja diferencias en el peso para las diferentes localidades.

En consecuencia el cultivar DM4870 del GM IV, HC indeterminado sembrado en las localidades de Alvear y América (Provincia de Buenos Aires) no mostró diferencias significativas en el peso de semilla, en ambas localidades (**Tabla IV.2.1.j.2**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
América	I21	25	0,1538	0,0170	
Alvear	G21	50	0,1537	0,0228	
Total		75	0,1537	0,0210	

Tabla IV.2.1.j.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4870 sembrado en las localidades de Alvear y América

IV.1.2.k. Cultivar NIDERA 4613

La distribución de los pesos para estas localidades es normal, presentándose algún outlier, según se puede observar en la **Figura IV.1.2.k.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2. El test de ANOVA no arroja diferencias de la variable peso entre estas localidades (**Tabla IV.1.2.k.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2)

El cultivar NIDERA 4613 del GM IV, HC indeterminado, sembrado en las localidades de Alvear, América y Marcos Juárez no mostró diferencias significativas en el peso de semilla, entre localidades (**Tabla IV.1.2.k.2**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
América	I20	25	0,1626	0,0217	
Alvear	G20	50	0,1613	0,0223	
M. Juárez	J20	25	0,1610	0,0249	
Total		100	0,1616	0,0228	

Tabla IV.1.2.k.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar NIDERA 4613 sembrado en las localidades de Alvear, América y Marcos Juárez

IV.1.2.l. Cultivar EXP0573

Según se observa en la **Figura IV.1.2.l.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 la distribución de los pesos es normal a pesar de presentar algunos outliers. El test de ANOVA evidencia que no existen diferencias en el peso de las semillas en ambas localidades (**Tabla IV.1.2.l.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El parámetro peso de semilla para el cultivar EXP0573 del GM V, sembrado en las localidades de Alvear y América, no mostró diferencias significativas en dichas localidades (**Tabla IV.1.2.l.2**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Alvear	G24	25	0,1643	0,0215	
América	I24	25	0,1555	0,0167	
Total		50	0,1599	0,0193	

Tabla IV.1.2.l.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar EXP0573 sembrado en las localidades de Alvear y América

IV.1.2.m. Cultivar DM4600

La distribución de los pesos es normal (**Figura IV.1.2.m.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) observándose algún outlier. Se realizó el test de ANOVA (**Tabla IV.1.2.m.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) que mostró diferencias entre los pesos para las diferentes localidades y al comparar las medias mediante el test de Bonferroni se obtuvieron grupos homogéneos, como se puede observar en la **Tabla IV.1.2.m.2** del Anexo VII, Análisis IV.1.2.

El cultivar DM4600 del GM IV, ciclo medio y HC indeterminado sembrado en la localidad de Bellocq (Provincia de Buenos Aires), mostró según se observa en la **Tabla IV.1.2.m.3** diferencias significativas en relación al peso de semillas con el resto de las localidades, siendo las semillas sembradas en Bellocq las de mayor peso.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Bellocq	F10	125	0,1965	0,0363	1
C. del Uruguay	A10	75	0,1505	0,0271	2
Gral. Pico	E10	25	0,1365	0,0260	3
Manfredi	B10	75	0,1322	0,0289	4
Total		300	0,1639	0,0316	

Tabla IV.1.2.m.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4600 sembrado en las localidades de Bellocq, Concepción del Uruguay, Gral. Pico y Manfredi

IV.1.2.n. Cultivar DM 5.2i

En la **Figura IV.1.2.n.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 se presenta los box-plots de los pesos de semillas del cultivar DM5.2i, observándose una distribución normal con algunos outliers. El test de ANOVA reveló diferencias significativas de la variable analizada en estas localidades (**Tabla IV.1.2.n.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El peso de las semillas del cultivar DM5.2i del GM V y HC indeterminado sembrado en la localidad de Daireaux (Provincia de Bs. As.), presenta diferencias significativas respecto al peso del mismo cultivar sembrado en la localidad de Alvear también situada en la Provincia de Buenos Aires (**Tabla IV.1.2.n.2**). Se estima que el peso de las semillas en la localidad de Daireaux fue 18,8% mayor que el correspondiente a la localidad de Alvear.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Daireaux	H27	100	0,1848	0,0313	
Alvear	G27	25	0,1555	0,0184	
Total		125	0,1789	0,0293	

Tabla IV.1.2.n.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM5.2i sembrado en las localidades de Alvear y Daireaux

IV.1.2.ñ. Cultivar DM4800

Según se observa en la **Figura IV.1.2.ñ.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 la distribución de la variable peso es normal en las localidades analizadas. El test de ANOVA y el test de Bonferroni permiten establecer grupos según se observa en las **Tablas IV.1.2.ñ.1 y IV.1.2.ñ.2** del Anexo VII, Análisis IV.1.2.

El cultivar DM4800 del GM IV, ciclo largo y HC indeterminado sembrado en las localidades de Bellocq y Daireaux, ambas situadas en la provincia de Buenos Aires, no presenta con respecto a la variable peso de semilla diferencias significativas entre estas localidades. Pero este grupo si muestra diferencias con relación al peso del mismo cultivar sembrado en Manfredi (Provincia de Córdoba)

Por otra parte el grupo formado por las localidades de General Pico (La Pampa), Alvear (Provincia de Bs.As.), La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y Concepción del Uruguay (Provincia de Entre Ríos) presenta diferencias significativas tanto con el grupo formado por Bellocq y Daireaux como con Manfredi (**Tabla IV.1.2.ñ.3**).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media (g)	Desv. estándar(g)	Grupos Homogéneos
Bellocq	F4	125	0,2153	0,0356	
Daireaux	H4	50	0,2021	0,0299	
General Pico	E4	75	0,1841	0,0391	
Alvear	G4	50	0,1785	0,0294	
La Banda del Río Salí	C4	75	0,1681	0,0325	
Concepción del Uruguay	A4	75	0,1615	0,0264	
Manfredi	B4	1075	0,1477	0,0315	
Total		1525		0,0320	

Tabla IV.1.2ñ.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM4800 sembrado en las localidades de Gral Pico, Manfredi y Daireaux

IV.1.2.o. Cultivar DM 3100

En la **Figura IV.1.2.o.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 se presenta los box-plots de los pesos para las distintas localidades observándose una distribución normal, con algún outlier. El test de ANOVA y el de Bonferroni (**Tablas IV.1.2.o.1** y **IV.1.2.o.2** del Anexo VII, Análisis IV.1.2) presentan diferencias significativas en el peso de la semilla.

Al observar la **Tabla IV.1.2.o.3**, el cultivar DM3100 del GM III, ciclo corto y HC indeterminado, presenta diferencias significativas, para el parámetro peso de semillas, entre la localidad de Bellocq (Provincia de Buenos Aires) y el grupo formado por las localidades de General Pico (Provincia de La Pampa) y Alvear (Provincia de Buenos Aires).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Bellocq	F16	150	0,1953	0,0304	1
Gral. Pico	E16	75	0,1667	0,0329	2
Alvear	G16	25	0,1640	0,0202	3
Total		250	0,1836	0,0312	

Tabla IV.1.2.o.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar DM3100 sembrado en las localidades de Alvear, Bellocq y General Pico

IV.1.2.p. Cultivar A4303RG

La distribución de los pesos para estas localidades es normal según se observa en la **Figura IV.1.2.p.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 y presentan outliers. El test de ANOVA muestra diferencias entre localidades para esta variable y el test de Bonferroni permite establecer grupos homogéneos (**Tablas IV.1.2.p.1 y IV.1.2.p.2** del Anexo VII, Análisis IV.1.2).

Este cultivar pertenece al GM IV, ciclo corto y HC indeterminado. Como se observa en la **Tabla IV.1.2p.3**, para estas localidades el comportamiento del peso de las semillas se puede distribuir en tres grupos que difieren significativamente entre si.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Bellocq	F9	150	0,1845	0,0324	1
Gral. Pico	E9	100	0,1516	0,0367	2
C. del Uruguay	A9	50	0,1469	0,0269	3
Manfredi	B9	75	0,1154	0,0268	4
Total		375	0,1569	0,0320	

Tabla IV.1.2.p.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A4303 sembrado en las localidades de Bellocq, Concepción del Uruguay, General Pico y Manfredi

El primer grupo de mayor peso de semilla, formado por la localidad de Bellocq (Provincia de Buenos Aires) difiere del grupo conformado por las localidades de General Pico (Provincia de La Pampa) y Concepción del Uruguay

(Provincia de Entre Ríos), que se diferencian a su vez del tercer grupo, los de menor peso, formado por la localidad de Manfredi (Provincia de Córdoba). Se estimó que el peso de las semillas en Bellocq fue 59,9% mayor que en Manfredi.

IV.1.2.q. Cultivar A 3901

La distribución de la variable peso es normal (Figura IV.1.2.q.1, Anexo VII, Análisis IV.1.2), existiendo algunos outliers.

Se aplicó el test de ANOVA y se compararon las medias realizando el test de Bonferroni para el parámetro peso de semillas (Tablas IV.1.2.q.1 y IV.1.2.q.2, Anexo VII, Análisis IV.1.2), observándose que se forman tres grupos homogéneos en los que figuran Bellocq con semillas de mayor peso, seguida por el grupo conformado por General Pico y Concepción del Uruguay y por último la localidad de Manfredi con las semillas de menor peso (Tabla IV.1.2.q.3). Para el cultivar A3901 del GM III, ciclo largo y HC indeterminado, se estimó que el peso de las semillas en Bellocq fue 77,9% mayor que en Manfredi.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Bellocq	F8	150	0,2057	0,0382	I
Gral. Pico	E8	75	0,1644	0,0290	
C. del Uruguay	A8	75	0,1596	0,0288	II
Manfredi	B8	74	0,1156	0,0271	
Total		374	0,1703	0,0327	

Tabla IV.1.2.q.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A3901 sembrado en las localidades de Bellocq, Concepción del Uruguay, General Pico y Manfredi

IV.1.2.r. Cultivar A 5409

La Figura IV.1.2.r.1 (Anexo VII, Análisis IV.1.2) muestra una distribución de peso normal para este cultivar, con presencia de algunos outliers.

El comportamiento de la variable peso de la semilla del cultivar A5409 analizado con el test de Bonferroni (Tablas IV.1.2.r.1 y IV.1.2.r.2, Anexo VII, Análisis IV.1.2), denota la existencia de tres grupos con diferencias significativas. En la Tabla IV.1.2.r.3 se aprecia un primer grupo formado por la localidad de General Pico (Provincia de La Pampa) con el mayor peso de semillas, seguido del grupo integrado por las localidades de La Bande del Río Salí (Provincia de Tucumán), Las Breñas (Provincia de Chaco) y Manfredi (Provincia de Córdoba) y las semillas de menor peso se encuentran en la localidad de Concepción del Uruguay (Provincia de Entre Ríos).

Para este cultivar del GM V y HC indeterminado se estimó que el peso de las semillas en General Pico fue 30.3% mayor que el mismo cultivar sembrado en Concepción del Uruguay.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Gral. Pico	E8	75	0,1656	0,0321	I
B. del Río Salí	C8	75	0,1421	0,0276	II
Las Breñas	D8	75	0,1409	0,0252	II
Manfredi	B8	75	0,1395	0,0325	II
C. del Uruguay	A8	50	0,1271	0,0218	III
Total		350	0,1442	0,0286	

Tabla IV.1.2.r.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A5409 sembrado en las localidades de Banda del Río Salí, Concepción del Uruguay, General Pico, Las Breñas y Manfredi

IV.1.2.s Cultivar A4910

El peso de la semilla en las diferentes localidades presenta una distribución normal como se observa en la Figura IV.1.2.s.1 (Anexo VII, Análisis IV.1.2). Al aplicar el test de ANOVA se aprecian diferencias entre localidades y al comparar las medias de los pesos mediante el test de Bonferroni se pudieron establecer grupos (Tablas IV.1.2.s.1 y IV.1.2.s.2, Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El cultivar A4910 del GM IV, ciclo largo y HC indeterminado, presenta diferencias significativas para la variable peso de semillas, en las localidades de Las Breñas (Provincia de Chaco), La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y General Pico (Provincia de La Pampa), diferenciándose dos grupos (Tabla IV.1.2.s.3), uno integrado por las semillas sembradas en la localidad de Las Breñas, de mayor peso y el segundo por las sembradas en las localidades de General Pico y La Banda del Río Salí.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Las Breñas	D12	75	0,1736	0,0332	I
Gral. Pico	E12	50	0,1502	0,0316	II
B. del Río Salí	C12	50	0,1500	0,0396	II
Total		175	0,1601	0,0347	

Tabla IV.1.2.s.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A4910 sembrado en las localidades de General Pico, La Banda del Río Salí y Las Breñas

IV.1.2.t Cultivar A6411

En la Figura IV.1.2.t.1 (Anexo VII, Análisis IV.1.2) se observa que la variable peso tiene una distribución normal, con pocos outliers. El test de ANOVA muestra diferencias entre localidades (Tabla IV.1.2.t.1, Anexo VII, Análisis IV.1.2) y el test de Bonferroni permite establecer grupos (Tabla IV.1.2.t.2, Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El cultivar A6411 es del GM VI y HC determinado. Se observa diferencias significativas para el peso de las semillas (Tabla IV.1.2.t.3) entre las localidades de La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán), Las Breñas (Provincia de Chaco) y el grupo formado por las localidades de Manfredi (Provincia de Córdoba) y Concepción del Uruguay (Provincia de Entre Ríos), siendo estas últimas las de menor peso de semillas.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
B. del Río Salí	C1	75	0,1577	0,0379	
Las Breñas	D1	74	0,1510	0,0289	
Manfredi	B1	50	0,1410	0,0313	
C. del Uruguay	A1	75	0,1325	0,0301	
Total		274	0,1459	0,0324	

Tabla IV.1.2.t.3 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A6411 sembrado en Concepción del Uruguay, La Banda del Río Salí, Las Breñas y Manfredi

IV.1.2.u. Cultivar A7636

La distribución de los pesos es normal como se aprecia en la **Figura IV.1.2.u.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 y al aplicar el test de ANOVA se observan diferencias entre localidades (**Tabla IV.1.2.u.1**. Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El cultivar A7636 pertenece al GM VII, ciclo 7,7 y HC determinado.

En la **Tabla IV.1.2.u.2** se observa que el parámetro peso de semillas presenta diferencias significativas entre las localidades de La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y Las Breñas (Provincia del Chaco).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Las Breñas	D13	75	0,1631	0,0307	
B. del Río Salí	C13	75	0,1518	0,0372	
Total		150	0,1574	0,0341	

Tabla IV.1.2.u.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A7636 sembrado en las localidades de La Banda del Río Salí y Las Breñas

IV.1.2.v. Cultivar A8000

La distribución de los pesos para ambas localidades es normal, como se observa en la **Figura IV.1.2.v.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2, presentando algunos outliers. El test de ANOVA revela que no existen diferencias en el peso para estas localidades (**Tabla IV.1.2.v.1**, Anexo VII, Análisis IV.1.2).

La variable peso de semillas del cultivar A8000, del GM VIII y HC determinado, no presenta diferencias significativas (**Tabla IV.1.2.v.2**) entre las localidades de La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y Las Breñas (Provincia de Chaco).

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Las Breñas	D15	75	0,1412	0,0304	
B. del Río Salí	C15	50	0,1400	0,0363	
Total		125	0,1407	0,0329	

Tabla IV.1.2.v.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A8000 sembrado en las localidades de La Banda del Río Salí y Las Breñas

IV.1.2.w. Cultivar A9000

En la **Figura IV.1.2.w.1** (Anexo VII, Análisis IV.1.2) se observa una distribución normal de los pesos en las localidades analizadas. El test de ANOVA detecta diferencias en el peso entre ambas localidades (**Tabla IV.1.2.w.1**, Anexo VII, Análisis IV.1.2).

En la **Tabla IV.1.2.w.2** se observa que el parámetro peso de semillas para el cultivar A9000, del GM IX y HC determinado, presenta diferencias significativas entre las localidades de La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y el mismo cultivar sembrado en Las Breñas (Provincia de Chaco). El peso de las semillas en la localidad de La banda del Río Salí fue un 24,6% mayor que en Las Breñas.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
B. del Río Salí	C14	75	0,1739	0,0380	
Las Breñas	D14	74	0,1396	0,0258	
Total		149	0,1569	0,0325	

Tabla IV.1.2.w.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar A9000 sembrado en las localidades de La Banda del Río Salí y Las Breñas

IV.1.2.x. Cultivar AW4500

El cultivar AW4500 presenta una distribución normal como se aprecia en la **Figura IV.1.2.x.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2 y el test de ANOVA detecta diferencias significativas entre localidades (**Tabla IV.1.2.x.1**, Anexo VII, Análisis IV.1.2).

Según se observa en la **Tabla IV.1.2.x.2**, existen diferencias significativas respecto al comportamiento del peso de semillas entre las localidades de La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y General Pico (Provincia de La Pampa).

El cultivar AW4500 es un cultivar del GM IV ciclo corto y HC indeterminado. Se estimó que el peso de las semillas en General Pico fue un 27,1% mayor que en La banda del Río Salí.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Gral. Pico	E36	75	0,1787	0,0245	
B. del Río Salí	C36	75	0,1405	0,0336	
Total		150	0,1596	0,0294	

Tabla IV.1.2.x.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar AW4500 sembrado en las localidades de La Banda del Río Salí y General Pico

IV.1.2.y. Cultivar AW2886

La **Figura IV.1.2.y.1** del Anexo VII, Análisis IV.1.2, muestra que la distribución de los pesos es normal con pocos outliers. Al realizar el test de ANOVA se encontraron diferencias entre ambas localidades (**Tabla IV.1.2.y.1**, Anexo VII, Análisis IV.1.2).

El cultivar AW2886 pertenece al GM II, ciclo largo. La **Tabla IV.1.2.y.2** muestra que la variable peso de semilla presenta diferencias que el peso de las semillas, estimándose que el peso de estas en Bellocq fue 8,4% mayor que en General Pico.

Localidad	Código	Nº de Mediciones	Media(g)	Desv. estándar (g)	Grupos Homogéneos
Bellocq	F47	75	0,1714	0,0352	I
Gral. Pico	E47	75	0,1581	0,0245	II
Total		150	0,1670	0,0321	

Tabla IV.1.2.y.2 Valores de la media del peso de semilla, número de repeticiones, desvío estándar y grupos homogéneos del cultivar del cultivar AW2886 sembrado en las localidades de Bellocq y General Pico

Discusión

En la **Tabla IV.1.2.z** se encuentran los promedios de los pesos por variedad y por localidad, para facilitar el análisis, pero la discusión se basa en los cálculos estadísticos del punto IV.1.2.

Se observa que sólo los cultivares A8000, Nidera 4209 y DM3970 no presentan, en promedio, en ninguna de las localidades sembradas, valores de peso de semilla superiores a 0,1500g. Es de destacar que el cultivar A8000 pertenece al GM VIII, el NIDERA 4209 al GM IV y el DM3970 al GM III.

El cultivar A8000 se siembra en las localidades de La Banda de Río Salí (Provincia de Tucumán) y en Las Breñas (Provincia de Chaco), mientras que el cultivar NIDERA 4209 y el DM3970 se siembran en las localidades de Alvear y América, ambas situadas en la provincia de Bs. As. y en Marcos Juárez, Provincia de Córdoba.

Sin embargo existen variedades diferentes a las nombradas que en determinadas localidades presentan menor peso de semilla, como A4303 en Manfredi (peso promedio 0,1154 g) y A3901 (peso promedio 0,1156 g) en la misma localidad. La variedad A9000 sembrada en Las Breñas, provincia de Chaco, no exhibe diferencias significativas con A8000 y el cultivar DM4600 sembrado en la localidad de General Pico (peso promedio 0,1365g).

La zona de Concepción del Uruguay (Provincia de Entre Ríos) presentó cultivares con semillas de menor peso que lo que presentaron esos mismos cultivares sembrados en otras localidades

Es importante también destacar que las variedades tienen pesos significativamente diferentes en distintas localidades, como A3901 cuyo peso promedio 0,1156 g en Manfredi y en Bellocq el peso promedio es 0,2057.

Dentro de las diferentes variedades adaptadas para distintas localidades es importante ver que para obtener semillas para brotes de soja, se puede sembrar en Manfredi A4303 o A3901 que presenta valores menores que el peso promedio de A8000 (0,1407g).

En Concepción del Uruguay la variedad A5409 presenta los menores pesos promedio de semilla (0,1271g) y no tiene diferencias significativas con respecto al cultivar A6411, con pesos promedio de 0,1325g, sembrado en esa misma región.

En la localidad de General Pico la variedad DM4600 presenta el menor peso de semilla (0,1365g), no observándose diferencias significativas con el peso de esa misma variedad sembrada en Manfredi.

En la localidad de Alvear y América, provincia de Buenos Aires y en Marcos Juárez, provincia de Córdoba los cultivares que presentan pesos menores son NIDERA 4209 y A3970, en Manfredi A4303 y A3901, en Concepción del Uruguay A5409 y A6411, en General Pico DM4600, en La banda del Río Salí provincia de Tucumán A8000 y AW4500 y en Las Breñas, provincia de Chaco A9000.

Kumar y col. (2006b) en la India plantean que encontraron una relación entre el tamaño de la semilla del genotipo y su interacción genotipo x localidad, pero no con la localidad, al no mostrar los estadísticos para un correcto análisis, es

difícil de establecer si es la misma tendencia que la encontrada en esta localidad. O sea algunos genotipos presentan consistentemente pesos menores en cualquier localidad pero otros varían su peso marcadamente entre localidades como es el ejemplo mencionado de A3901.

PESO DE SEMILLA (g/semilla)												
	CULTIVAR	ZONA NÚCLEO				ENTRE RIOS		OESTE	NOA	NEA		Media
		Alvear	América	Bellocoq	Dairezux	Manfredi	M. Juárez			B. del Ró Salí	Las Breñas	
GM VIII	A8000					0,1373			0,1400	0,1412		0,1407
GM IV	AW4500							0,1787	0,1405			0,1596
GM V	A5409					0,1395		0,1271	0,1421	0,1409		0,1442
GM IV	A4910							0,1502	0,1500	0,1736		0,1601
GM VII	A7636								0,1518	0,1631		0,1574
GM VI	A6411					0,1410		0,1325	0,1577	0,1510		0,1459
GM IV	DM4800	0,1785		0,2153	0,2021	0,1477		0,1615	0,1681			0,1595
GM IX	A9000								0,1739	0,1396		0,1569
GM IV	A4303			0,1845		0,1154		0,1469				0,1569
GM IV	DM4600			0,1965		0,1322		0,1505				0,1639
GM III	A3901			0,2057		0,1156		0,1596				0,1703
GM IV	NIDERA4209	0,1402	0,1472				0,1414					0,1422
GM III	DM3970	0,1477	0,1404				0,1468					0,1449
GM IV	DM4270	0,1685					0,1541					0,1637
GM IV	DM4200	0,1653	0,1569				0,1584					0,1602
GM IV	NIDERA4613	0,1613	0,1626				0,1610					0,1616
GM V	EXP529	0,1828					0,1685					0,1781
GM III	DN3700	0,1681	0,1732				0,1686					0,1689
GM IV	DM4970	0,1773	0,1755				0,1847					0,1787
GM IV	DM4870	0,1537	0,1538									0,1537
GM IV	DM4670	0,1600	0,1551									0,1584
GM V	EXP573	0,1643	0,1555									0,1599
GM III	DM3500	0,1582	0,1624									0,1596
GM V	DM5.2i	0,1555			0,1848							0,1789
GM III	DM3100	0,1640		0,1953								0,1836
GM II	AW2886			0,1714								0,1670

Tabla IV.1.2.z. Media de los pesos de semilla (gr/semilla) de los distintos cultivares en las localidades analizadas

IV.1.3. Influencia de la fecha de siembra sobre el peso de la semilla

Para profundizar sobre los factores que influyen en el comportamiento del peso de la semilla se analizó si las distintas fechas de siembra en una misma localidad podían afectar esa variable.

Se obtuvieron muestras de seis fechas de siembra de las variedades sembradas en la localidad de Bellocq, Provincia de Buenos Aires de la cosecha 2002-2003. Además se obtuvieron muestras sembradas en dos o tres fechas distintas en las localidades de Daireaux, General Pico, La Banda del Río Salí y Las Breñas.

En la **Figura IV.1.3.a** se puede observar para los seis cultivares cosechados en las distintas fechas de siembra el peso promedio de todas las muestras.

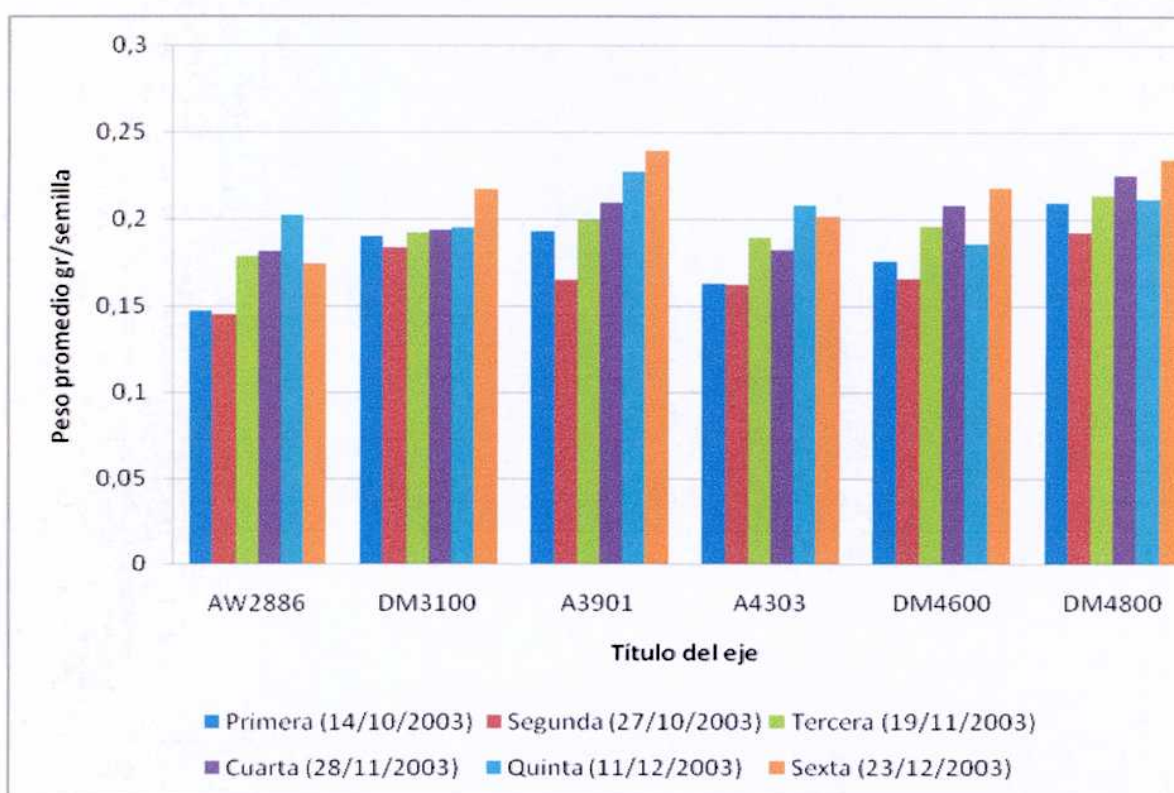


Figura IV.1.3.a Pesos promedios en seis fechas de siembra en Bellocq

En la figura anterior pareciera existir una tendencia de los pesos promedios con respecto a la fecha de siembra, cuanto más tardía es la fecha el peso sería mayor. Los datos de peso de semilla fueron analizados estadísticamente, como se indicó en el ítem **III.4.2** de materiales y métodos a

través del Análisis de varianza (ANOVA), en los casos donde la distribución fue normal se usó el test de Bonferroni o el test de Tukey, para la comparación de medias ($p < 0,05$). En aquellos casos en que se observó presencia de outliers o diferencias en la forma de las distribuciones, se aplicó también el test no paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha > 0,05$). Dado que se obtuvieron resultados similares, se reportan sólo los resultados del test F clásico.

IV.1.3.1. Bellocq

IV.1.3.1a. Cultivar A4303

El comportamiento de la variable peso de semilla para el cultivar A4303, cuando se lo analiza según su fecha de siembra, presenta una distribución normal aunque se observan algunos outliers (**Figura IV.1.3.1.a.1** del Anexo VII, análisis IV.1.3). El número de observaciones para cada fecha de siembra es 25.

En la **Tabla IV.1.3.1.a.1** del Anexo VII, análisis IV.1.3 se presenta el test de ANOVA donde se manifiestan diferencias significativas entre fechas de siembra ($p < 0,01$).

Se aplicó el test de Bonferroni (**Tabla IV.1.3.1.a.2** del Anexo VII, análisis IV.1.3) con un nivel global de 0,05 para poder establecer grupos homogéneos.

En la **Tabla IV.1.3.1.a.3** se presentan los valores de la media y los grupos homogéneos.

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Quinta (11/12/2003)	0,2081	
Sexta (23/12/2003)	0,2018	
Tercera (19/11/2003)	0,1897	
Cuarta (28/11/2003)	0,1820	
Primera (14/10/2003)	0,1630	
Segunda (27/10/2003)	0,1624	

Tabla IV.1.3.1.a.3 Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar A4303 sembrado en distintas fechas de siembra en Bellocq

El comportamiento del peso de semilla del cultivar A4303 en la localidad de Bellocq, no mostró diferencias significativas con respecto a la fecha de siembra.

Sin embargo se observan diferencias entre grupos, uno formado por la tercera, quinta y sexta fecha y el constituido por la primera, segunda y cuarta fecha.

IV.1.3.1b. Cultivar DM4800

Este cultivar también presenta una distribución normal de los pesos con respecto a la fecha de siembra (Figura IV.1.3.1.b.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3). Al comparar las medias a través del test de Bonferroni, (Tablas IV.1.3.1.b.1 y IV.1.3.1.b.2 del Anexo VII, análisis IV.1.3 se pudo establecer que no existen diferencias significativas entre fechas de siembra (Tabla IV.1.3.1.b.3)

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Sexta (23/12/2003)	0,2345	
Cuarta (28/11/2003)	0,2250	
Tercera (19/11/2003)	0,2139	
Quinta (11/12/2003)	0,2113	
Primera (14/10/2003)	0,2095	
Segunda (27/10/2003)	0,1920	

Tabla IV.1.3.1.b.3 Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar DM4800 sembrado en distintas fechas de siembra en Bellocq

En el cultivar DM4800 no se observan diferencias en el comportamiento del peso es las diferentes fechas de siembra, no obstante existen diferencias entre la sexta y cuarta fecha con respecto a la segunda fecha de siembra.

IV.1.3.1c. Cultivar DM4600

La distribución de los pesos de este cultivar resultó normal con pocos outliers (Figura IV.1.3.1.c.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3). Se establecieron grupos dentro de los cuales las diferencias entre medias no resultan significativas (Tablas IV.1.3.1.c.1 y IV.1.3.1.c.2 del Anexo VII, análisis IV.1.3).

En la Tabla IV.1.3.1.c.3 se pueden diferenciar dos grupos, uno formado por la tercera, cuarta y sexta fecha y otro formado por la primera, segunda y quinta fecha, sin embargo se observa que no existen diferencias significativas de peso para las diferentes fechas de siembra.

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Sexta (23/12/2003)	0,2180	
Cuarta (28/11/2003)	0,2077	
Tercera (19/11/2003)	0,1955	
Quinta (11/12/2003)	0,1857	
Primera (14/10/2003)	0,1757	
Segunda (27/10/2003)	0,1658	

Tabla IV.1.3.1.c.3 Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar DM4600 sembrado en distintas fechas de siembra en Bellocq

IV.1.3.1d. Cultivar A3901

La distribución del peso para las distintas fechas es normal, aunque existen pocos outliers (Figura IV.1.3.1.d.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3). La comparación de medias por el test de Bonferroni (Tablas IV.1.3.1.d.1 y IV.1.3.1.d.2 del Anexo VII, análisis IV.1.3) estableció grupos homogéneos entre las mismas.

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Sexta (23/12/2003)	0,2395	1
Quinta (11/12/2003)	0,2272	1 2
Cuarta (28/11/2003)	0,2097	1 2 3
Tercera (19/11/2003)	0,1995	1 2 3 4
Primera (14/10/2003)	0,1929	1 2 3 4
Segunda (27/10/2003)	0,1652	1 2 3 4 5

Tabla IV.1.3.1.d.3 Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar A3901 sembrado en distintas fechas de siembra en Bellocq

Para este cultivar existen diferencias significativas entre la sexta fecha y la segunda fecha (Tabla IV.1.3.1.d.3). Lo mismo ocurre entre el grupo formado por la quinta, cuarta, tercera y primera fecha y la segunda fecha. En este caso se observa que las fechas mas tardías son las de mayor peso.

IV.1.3.1e Cultivar DM3100

La distribución de los pesos es normal (Figura IV.1.3.1.e.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3) y la comparación de las medias (Tablas IV.1.3.1.e.1 y IV.1.3.1.e.2 del Anexo VII, análisis IV.1.3), para las distintas fechas, no arroja diferencias significativas entre las mismas (Tabla IV.1.3.1.e.3).

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Quinta (11/12/2003)	0,2171	
Cuarta (28/11/2003)	0,1952	
Primera (14/10/2003)	0,1934	
Tercera (19/11/2003)	0,1923	
Sexta (23/12/2003)	0,1900	
Segunda (27/10/2003)	0,1835	

Tabla IV.1.3.1.e.3 Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar DM3100 sembrado en distintas fechas de siembra en Bellocq

IV.1.3.1f. Cultivar AW2886

La distribución del peso tiene un comportamiento normal, observándose algunos outliers (Figura IV.1.3.1.f.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3). El test de Bonferroni (Tabla IV.1.3.1.f.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3) halla diferencias entre las fechas de siembra tercera, cuarta, quinta y sexta y el grupo formado por la primera y segunda fecha (Tabla IV.1.3.1.f.3).

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Quinta (11/12/2003)	0,2019	
Cuarta (28/11/2003)	0,1815	
Tercera (19/11/2003))	0,1786	
Sexta (23/12/2003)	0,1741	
Primera (14/10/2003)	0,1470	
Segunda (27/10/2003)	0,1452	

Tabla IV.1.3.1.f .3Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar AW2886 sembrado en distintas fechas de siembra en Bellocq

IV.1.3.2 Daireaux

Cultivar DM5.2i

El comportamiento de la variable peso muestra una distribución normal (Figura IV.1.3.2.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3). El número de observaciones en este caso fue de 50. En la Tabla IV.1.3.2.1 del Anexo VII, análisis IV.1.3 se puede observar que el test de análisis de la varianza (ANOVA) clásico que no detecta diferencias entre fechas de siembras para este cultivar ($p>0,05$). La conformación de grupos homogéneos se observa en la Tabla IV.1.3.2.2

Fecha de siembra	Media (g/sem)	Grupos homogéneos
Segunda (del 20/11 al 20/12)	0,1881	
Primera (del 15/10 al 30/11)	0,1814	

Tabla IV.1.3.2.2 Valores de la media del peso de semilla y grupos homogéneos del cultivar DM5.2 i sembrado en distintas fechas de siembra en Daireaux

IV.1.3.3. Otras localidades

En el Anexo VII Análisis IV.1.3.3 se encuentra el análisis estadístico de todos los cultivares sembrados en General Pico (Provincia de La Pampa), La Banda del Río Salí (Provincia de Tucumán) y Las Breñas (Provincia del Chaco).

Discusión

Si analizamos el peso de la semilla de soja de los distintos cultivares sembrados en la localidad de Bellocq, Provincia de Buenos Aires, con respecto a la fecha de siembra resulta que sólo los cultivares A3901 y AW2886 presentan diferencias significativas con respecto a las fechas de siembra.

En Daireaux y en Las Breñas no se observaron diferencias de los pesos entre fechas de siembra. En General Pico, Provincia de La Pampa, muchos de los cultivares allí sembrados no mostraron diferencias respecto a la fecha de siembra, pero en aquellos que sí lo hicieron como A5417, A5409 y AW2886 se

observó que las fechas más tardías presentaron valores de peso superiores que los sembrados en fechas más tempranas.

En la localidad de La Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán, los cultivares del GM VIII A8000 y A8100 no mostraron diferencias en la fecha de siembra, mientras que en el resto de los cultivares se apreció que las fechas de siembra más avanzadas presentaron mayores pesos de semilla.

Aunque existe una tendencia a mayores pesos para las siembras más tardías, la influencia de la fecha de siembra sobre el peso de las semillas debería ser estudiada con mayor número de muestras y variedades para permitir obtener conclusiones generales y por lo tanto no se considerará en los análisis posteriores.

IV.1.4. Grupos de cultivares de peso similar

De los análisis anteriores surge que en las distintas localidades una misma variedad puede comportarse de manera diferente respecto al peso, por ello se aplicó el procedimiento descrito en el ítem III.4.2. de materiales y métodos conformándose 101 grupos que corresponden al total de datos de cultivares y localidades (cuyos códigos se encuentran en la **Tabla IV.1.3**, Anexo VII). Se aplicó el método de las k-medias descrito en el ítem III.4.2 seleccionando un $k=4$ y obteniéndose los siguientes grupos:

Grupo 1: 5, 10, 16, 17, 19, 20, 24, 26, 29, 35, 36, 37, 39, 41, 45, 51, 63, 72, 73, 95, 97, 104, 105, 106, 108

Grupo 2: 1, 4, 8, 9, 11, 13, 14, 21, 23, 25, 28, 31, 32, 33, 34, 44, 49, 54, 55, 56, 62, 64, 66, 67, 69, 71, 74, 75, 80, 83, 84, 85, 86, 90, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 107, 110

Grupo 3: 2, 52, 70, 79, 81

Grupo 4: 3, 6, 7, 12, 15, 18, 30, 40, 43, 46, 50, 53, 58, 59, 60, 61, 65, 68, 77, 78, 82, 87, 88, 89, 91, 92, 103, 109, 111

En la **Tabla IV.1.4.1** se observa la conformación de los grupos mencionados anteriormente.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
5 Manfredi A3901	1 Gral. Pico A3550	2 Bellocq A3901	3C. del Uruguay A3901
10 Manfredi A4303	4 Gral Pico A3901	52 Bellocq DM3100	6 Gral Pico A4201
16 B del Río Salí A5409	8 C. del Uruguay A4303	70 Bellocq DM4600	7 Bellocq A4303
17 C. del Uruguay A5409	9 Gral. Pico A4303	79 Bellocq DM4800	12 Gral. Pico A4725
19 Las Breñas A5409,	11 B del Río Salí A4725	81 Daireaux DM4800	15 Las Breñas A4910
20 Manfredi A5409	13 B del Río Salí A4910		18 Gral. Pico A5409
24 del Río Salí A6019	14 Gral. Pico A4910		30 B. del Río Salí A7053
26 C. del Uruguay A6411	21 B del Río Salí A5417		40 B.del Río Salí A9000
29 Manfredi A6411	23 Gral. Pico A5417		43 Bellocq AW2886
35 B del Río Salí A8000	25 B del Río Salí A6411		46 Gral. Pico AW4500
36 Las Breñas A8000	28 Las Breñas A6411		50 Daireaux DM5.2i
37 Manfredi A8000	31 B. del Río Salí A7118		53 Gral. Pico DM3100
39 B del Río Salí A8100	32 B. del Río Salí A7321		58 Alvear DM3700
41 Las Breñas A9000	33 B del Río Salí A7636		59 América DM3700
45 B del Río Salí AW4500	34 Las Breñas A7636		60 Gral. Pico DM3700
51 Gral. Pico DM2000	44 Gral. Pico AW2886		61 M. Juárez DM3700
63 América DM3970	49 Alvear DM5.2i		65 Alvear DM4200
72 Gral. Pico DM4600	54 Alvear DM3100		68 Alvear DM4270
73 Manfredi DM4600	55 Alvear DM3500		77 Alvear DM4800

95 Alvear NIDERA4209	56 América DM3500		78 B. del Río Salí DM4800
97 M. Juárez NIDERA4209	62 Alvear DM3970		82 Gral. Pico DM4800
104 B. del Río Salí R1861	64 M. Juárez DM3970		87 Alvear DM4970
105 B. del Río Salí RA514	66 América DM4200		88 América DM4970
106 B. del Río Salí RA516	67 M. Juárez DM4200		89 M. Juárez DM4970
108 B. del Río Salí RA626	69 M. Juárez DM4270		91 Alvear EXP0529
	71 C. del Uruguay DM4600		92 M. Juárez EXP0529
	74 Alvear DM4670		103 Gral. Pico Pica40
	75 América DM4670		109 Gral. Pico RAR307
	80 C. del Uruguay DM4800		111 Gral. Pico TJ 2037
	83 Manfredi DM4800		
	84 Alvear DM4870		
	85 América DM4870		
	86 M. Juárez DM4870		
	90 M. Juárez EXP0526		
	93 Alvear EXP0573		
	94 América EXP0573		
	96América NIDERA4209		
	98 Alvear NIDERA4613		
	99 América NIDERA4613		
	100 M. Juárez NIDERA4613		
	107 B. del Río Salí RA518		
	110 Gral. Pico RAR409		

Tabla IV.4.1 Grupos de cultivares formados al aplicar el método k-medias a los pesos

Se calculó los centros para los cuatro grupos para hallar el grupo con menor peso, que resultó ser el Grupo 1, seguido por el grupo 2, luego el grupo 4 y el de mayor peso fue el grupo 3.

Se analizaron los resultados teniendo en cuenta que los cultivares fueron sembrados en distintas localidades y fechas y por lo tanto las condiciones meteorológicas y fotoperiódicas a las que se vieron expuestos fueron diferentes.

Se observó que dentro de un grupo de peso se encontraba un mismo cultivar que fue sembrado en distintas localidades y que aparece en la **Tabla IV.4.1** señalado en color azul, también se resaltó con rosa aquel cultivar que aparece sólo en una localidad y en negro aquellos cultivares sembrados en diferentes localidades que están presentes en distintos grupos.

Se puede apreciar en la **Tabla IV.4.1** que el cultivar A8000 presenta peso de semilla menores en todas las localidades donde fue sembrado.

Los cultivares A3901, A4303, A5409, A6411, A8000, DM4600 sembrados en Manfredi, Provincia de Córdoba, se encuentran dentro del grupo de menor peso y solo el cultivar DM4800 sembrado en esa misma localidad presenta mayor peso de semilla.

En la **Tabla IV.4.2**, se indican los pesos promedio del Grupo 1 para facilitar el análisis. De los cultivares sembrados en Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos, el A5409 y el A6411 del GM V y VI fueron los que presentaron menores pesos, mientras que aquellos de menor GM como A4303 (GM IV) y A3901 (GM III) se ubicaron en grupos con mayor peso.

Grupo 1(menor peso)	Peso Medio (gr)
10 Manfredi A4303	0,1154
5 Manfredi A3901	0,1156
17 C. del Uruguay A5409	0,1160
104 B. del Río Salí R1861	0,1238
108 B. del Río Salí RA626	0,1288
73 Manfredi DM4600	0,1319
26 C. del Uruguay A6411	0,1325
41 Las Breñas A9000	0,1339
72 Gral. Pico DM4600	0,1365
24 del Río Salí A6019	0,1367
19 Las Breñas A5409,	0,1368
37 Manfredi A8000	0,1374
39 B del Río Salí A8100	0,1384
105 B. del Río Salí RA514	0,1384
106 B. del Río Salí RA516	0,1388
20 Manfredi A5409	0,1395
35 B del Río Salí A8000	0,1400
95 Alvear NIDERA4209	0,1402
63 América DM3970	0,1404
45 B del Río Salí AW4500	0,1405
29 Manfredi A6411	0,1410
36 Las Breñas A8000	0,1412
97 M. Juárez NIDERA4209	0,1414
51 Gral. Pico DM2000	0,1419
16 B del Río Salí A5409	0,1421

Tabla IV.4.2 Peso medio de los grupos de menor peso

En la **Tabla IV.4.3** se indican los pesos promedio del Grupo 3 de los pesos mayores.

Grupo 3 (mayor peso)	Peso Medio(gr)
79 Bellocq DM4800	0,2143
81 Daireaux DM4800	0,2021
2 Bellocq A3901	0,1983
52 Bellocq DM3100	0,1953
70 Bellocq DM4600	0,1914

Tabla IV.4.3 Peso medio de los grupos de mayor peso

El cultivar A9000 sembrado en Las Breñas, Provincia del Chaco, se encuentra en el grupo de semillas de menor peso, mientras que el sembrado en La Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán presentó semillas de mayor peso.

De los cultivares sembrados en América, Provincia de Buenos Aires solo el A3901 se ubicó en el grupo de menor peso.

Si analizamos los grupos de menor a mayor peso se puede apreciar en el grupo 1 que los cultivares A6019, A8100, DM2000, R1861, RA514, RA516 y RA626 solo se encuentran sembrados en una localidad. El cultivar A8000, como mencionamos antes presentó menor peso en todas las localidades, mientras que los restantes cultivares aparecen sembrados en distintas localidades y también pertenecen a otros grupos de peso.

Siguiendo el mismo orden, en el grupo 2 los cultivares A3550, A7118, A7321, EXP0526, RA518 y RAR409 fueron sembrados en una única localidad. Los cultivares A5417, A7636, DM3500, A4670, A4870, EXP0573 y Nidera4613 se ubicaron dentro del mismo grupo sin importar la localidad donde se sembraron.

En el tercer grupo los cultivares A4201, A7053, Pica 40, RAR307 y TJ 2037 aparecen sembrados en una localidad, mientras que DM4970 y EXP0529 se encuentran dentro del mismo grupo sin importar la localidad.

En el grupo de mayor peso encontramos los cultivares A3901, DM3100, DM4600 y DM4800, todos ellos sembrados en la localidad de Bellocq. También integra este grupo el cultivar DM4800 sembrado en Daireaux.

IV.2. Color de la semilla de soja

Los datos de las mediciones de color de las variedades de soja obtenidos de las cosechas 2003-2004, así como aquellos materiales que se están evaluando para mejorar el germoplasma de soja, denominados exóticos se encuentran en el Anexo VII, **Tabla IV.2**.

Los genótipos exóticos se seleccionaron de acuerdo a diferentes características, por el personal del INTA para mejoramiento genético, por ejemplo el BRM92-6600 que se caracteriza por la ausencia de tres isoenzimas, denominadas lipoxigenasas (L-1, L-2, y L-3), que son responsables del sabor amargo y el genotipo PI123-440 que produce semillas con bajo contenido de ácido linolénico y han sido incluidos en este estudio ya que van a impactar en los nuevos genotipos a desarrollarse.

Se procedió como primer paso del análisis de color a graficar las coordenadas x, y a partir de las variables triestímulo (ítem II-5.2.2) para los grupos A,B y D. En la **Figura IV.2.1** se observa el diagrama de cromaticidad (CIE 1976).

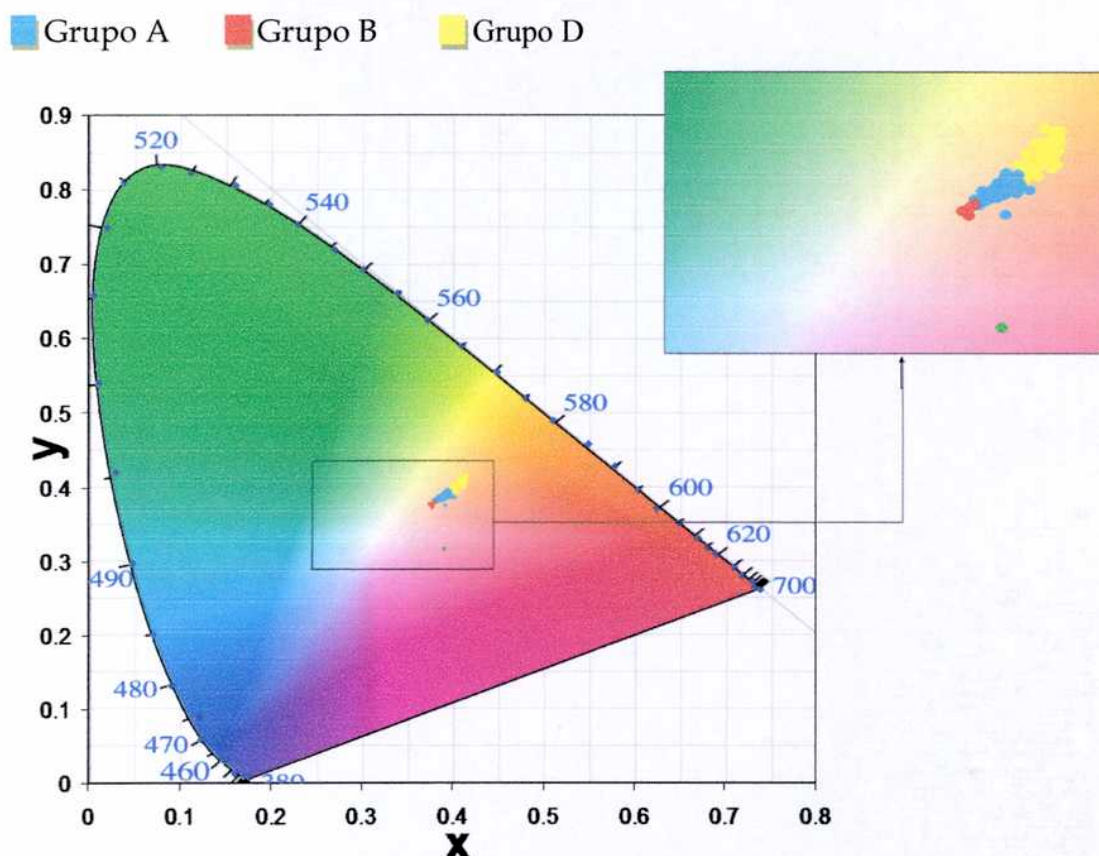


Figura IV.2.1 Diagrama de cromaticidad (CIE 1976)

Como se puede apreciar el color de las variedades varían en un pequeño espacio de color. Sin embargo esta es una característica importante para la obtención de tofu.

Se observó que Z es el parámetro que presenta mayor variación. Para obtener una mejor distribución de color de los cultivares y localidades donde fueron sembrados se calcularon las medias de los valores X, Y, Z de cada cultivar por localidad. En la **Tabla IV.2.1** del Anexo VII se presentan las medias de los valores triestímulo de cada cultivar por localidad. Este estudio permitió detectar que un mismo cultivar puede presentar diferente color de acuerdo a la localidad donde fue sembrado. Por ello se procedió a analizar los agrupamiento factibles por color considerando cultivar y localidad.

IV.2.1. Grupos de cultivares de color similar

Se aplicó el procedimiento descrito en el ítem **III.4.3.2** de materiales y métodos conformándose 111 grupos que corresponden al total de datos de cultivares y localidades. Se calcularon las medias de los valores triestímulo de los 111 cultivares (**Tabla IV.2.1** del Anexo VII). Se aplicó el método k-medias descrito en el ítem **III.4.3.2** seleccionando un $k=4$, por lo que se obtuvieron cuatro grupos a saber:

Grupo A: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 51, 58, 63, 64, 71, 72, 73, 77, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 91, 92, 97, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

Grupo B: 7, 16, 18, 20, 27, 28, 30, 31, 34, 36, 43, 44, 46, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 74, 75, 76, 79, 81, 86, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100

Grupo C: 22, 42, 101

Grupo D: 47, 48, 102

Los datos correspondientes a los cultivares y localidades que integran los distintos grupos de color se presentan en la **Tabla IV.2.2**.

Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
1 Gral. Pico A3550	7 Bellocq A4303	22 Exóticos A5417	47 Exóticos BRM92-6
2 Bellocq A3901	16 B. del Río Salí A5409	42 Exóticos Akishimor	48 Exóticos BRM92-6600
3 C. del Uruguay A3901	18 Gral. Pico A5409	102 Exóticos PI123-440	101 Exóticos PI587, 580
4 Gral. Pico A3901	20 Manfredi A5409		
5 Manfredi A3901	27 Gral. Pico A6411		
6 Gral. Pico A4201	28 Breñas A6411		
8 C. del Uruguay A4303	30 B. del Río Salí A7053		
9 Gral. Pico A4303	34 Breñas A7636		
10 Manfredi A4303	36 Breñas A8000		
11 B. del Río Salí A4725	43 Bellocq AW2886		
12 Gral. Pico A4725	44 Gral. Pico AW2886		
13 B. del Río Salí A4910	46 Gral. Pico AW4500		
14 Gral. Pico A4910	49 Alvear DM5.2i		
15 Breñas A4910	50 Daireaux DM5.2i		
17 C. del Uruguay A5409	52 Bellocq DM3100		
19 Breñas A5409	53 Gral. Pico DM3100		
21 B. del Río Salí A45417	54 Alvear DM3100		
23 Gral. Pico A45417	55 Alvear DM3500		
24 B. del Río Salí A6019	56 América DM3500		
25 B. del Río Salí A6411	57 M. Juárez DM3500		
26 C. del Uruguay A6411	59 América DM3700		
29 Manfredi A6411	60 Gral. Pico DM3700		
32 B. del Río Salí A7321	61 M. Juárez DN3700		
33 B. del Río Salí A7636	62 Alvear DM3970		
35 B. del Río Salí A8000	65 Alvear DM4200		
37 Manfredi A8000	66 América DM4200		
38 Reconquista A8000	67 M. Juárez DM4200		
39 B. del Río Salí A8100	68 Alvear DM4270		
40 B. del Río Salí A9000	69 M. Juárez DM4270		
41 Breñas A9000	70 Bellocq DM4600		
45 B. del Río Salí AW4500	74 Alvear DM4670		
51 Gral. Pico DM2000	75 América DM4670		
58 Alvear DM3700	76 M. Juárez DM4670		
63 América DM3970	79 Bellocq DM4800		
64 M. Juárez DM3970	81 Daireaux DM4800		
71 C. del Uruguay DM4600	86 M. Juárez DM4870		
72 Gral. Pico DM4600	89 M. Juárez DM4970		
73 Manfredi DM4600	90 M. Juárez EXP0526		
77 Alvear DM4800	93 Alvear EXP0573		
78 B. del Río Salí DM4800	94 América EXP0573		
80 C. del Uruguay DM4800	95 Alvear Nidera 4209		
82 Gral. Pico DM4800	96 América Nidera 4209		
83 Manfredi DM4800	98 Alvear Nidera 4613		
84 Alvear DM4870	99 América Nidera 4613		
85 América DM4870	100 M. Juárez		

	Nidera4613		
87 Alvear DM4970			
88 América DM4970			
91 Alvear EXP0529			
92 M.Juárez EXP0529			
97 M.Juárez Nidera4209			
103 Gral. Pico Pica40			
104 B. del Río Salí R1861			
105 B. del Río Salí RA514			
106 B. del Río Salí RA516			
107 B. del Río Salí RA518			
108 B. del Río Salí RA626			
109 Gral. Pico RAR307			
110 Gral. Pico RAR409			
111 Gral. Pico TJ 203			

Tabla IV.2.2 Grupos de genotipos formados al aplicar el método k-medias al color

Se calculó los centros no estandarizados para los 4 grupos con el objetivo de hallar el grupo más claro, este resultó ser el grupo B, seguido del A. Los grupos C y D, formados por los exóticos corresponden a los grupos más oscuros.

Los cultivares analizados fueron sembrados en distintas localidades y fechas y por lo tanto las condiciones meteorológicas y fotoperiódicas a las que se vieron expuestos fueron diferentes.

Se observó que dentro de un grupo de color se encontraba un mismo cultivar que fue sembrado en distintas localidades, en la **Tabla IV.2.2** aparece en color azul, también se resaltó con rosa aquel cultivar que aparece sólo en una localidad y en negro aquellos cultivares sembrados en diferentes localidades que están en distintos grupos.

Por otra parte se puede notar que los cultivares A4303, AW2886, DM3100, DM4600, DM4800 sembrados en Bellocq resultaron conformar el grupo más claro.

Si analizamos los cultivares que aparecen en distintos grupos en diferentes localidades podemos observar que los cultivares de alto GM (A6411, A7636, y A8000) sembrados en la localidad de las Breñas (zona NEA) se encuentran en el grupo mas claro mientras que esos mismos cultivares

sembrados en La Banda del Río Salí, provincia de Tucumán (zona NOA) conforman el grupo A (más oscuro).

En concepción del Uruguay los cultivares allí sembrados, A3901, A4303, DM4600, DM4800, A5409 y A6411 pertenecientes al GM III, IV, V y VI resultaron siempre en el grupo A (color intermedio).

Si observamos el grupo mas claro (Grupo B) veremos al cultivar DM3700 sembrado en América, Provincia de Buenos Aires, General Pico, Provincia de La Pampa y en Marcos Juárez, Provincia de Córdoba, y en el grupo A, más oscuro al mismo cultivar sembrado en Alvear, Provincia de Buenos Aires.

Por otra parte el cultivar DM3970 resultó más claro cuando fue sembrado en Alvear, Provincia de Buenos Aires que el sembrado en América, Provincia de Buenos Aires y en Marcos Juárez, Provincia de Córdoba.

El cultivar A4303 sembrado en Bellocq, Provincia de Buenos Aires pertenece al grupo mas claro mientras que ese mismo cultivar sembrado en Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos, General Pico, Provincia de La Pampa y en Manfredi, Provincia de Córdoba pertenecen al Grupo A, intermedio.

El cultivar AW4500 sembrado en General Pico, Provincia de La Pampa y en la Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán mostró ser mas claro en la primera localidad.

El cultivar DM4600 sembrado en Bellocq pertenece al grupo más claro mientras que el sembrado en Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos, General Pico, Provincia de La Pampa y en Manfredi, Provincia de Córdoba se encuentra en el grupo A.

El cultivar DM4800 sembrado en Bellocq y Daireaux, Provincia de Buenos Aires conforman el grupo más claro que los sembrados en Alvear, Provincia de Buenos Aires, Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos, la Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán, General Pico, Provincia de La Pampa y en Manfredi, Provincia de Córdoba.

Los cultivares DM4870 y DM4970 sembrados en Marcos Juárez, Provincia de Córdoba se ubican en el grupo mas claro mientras que los

sembrados en Alvear y América, ambas en la Provincia de Buenos Aires lo hacen en el grupo A, por el contrario el cultivar Nidera4209 resultó mas claro en estas dos últimas localidades mientras que este cultivar sembrado en Marcos Juárez, Provincia de Córdoba se ubicó en el grupo A.

El cultivar A5409 sembrado en la Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán, General Pico, Provincia de La Pampa y en Manfredi, Provincia de Córdoba conforma el grupo B (mas claro) que el sembrado en Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos y Las Breñas, Provincia del Chaco.

El cultivar A6411 sembrado en General Pico, Provincia de La Pampa y en Las Breñas, Provincia del Chaco resultó más claro que el sembrado en la Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán, Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos y en Manfredi, Provincia de Córdoba.

Con respecto al cultivar A7636 sembrado en Las Breñas, Provincia del Chaco y en la Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán en la primera localidad este cultivar resultó ser mas claro.

El cultivar A8000 sembrado en Las Breñas, Provincia del Chaco conforma el grupo más claro mientras que el sembrado en la Banda del Río Salí, Provincia de Tucumán y en Reconquista, Provincia de Santa Fe conforma el grupo A.

Podemos resumir que analizando desde el grupo mas claro al más oscuro se aprecia que en el grupo más claro (Grupo B), los cultivares AW2886, DM5.2i, DM3100, DM3500, DM4200, DM4270, DM4670, EXP0573, Nidera4613 aparecen sembrados en diferentes localidades dentro del grupo mas claro y los cultivares A7053 y EXP0526 sólo en una localidad, mientras que los restantes cultivares aparecen sembrados en distintas localidades y pertenecen a otros grupos de color.

Siguiendo el mismo orden, en el grupo A, los cultivares A3901, A4725, A4910, A5417, A9000 y EXP0529 aparecen dentro del mismo grupo sembrados en distintas localidades y los cultivares A3550, A4202, A6019, A7321, A8100, DM2000, Pica40, R1861, RA514, RA516, RA518, RA626, RAR307, RAR409, TJ 2037 sólo en una localidad.

Los cultivares llamados exóticos resultaron ser más oscuros, A5417, Akishimor y PI123-440 conforman el grupo C, seguidos por BRM92-6, BRM92-6600 y PI587, 580, siendo estos los más oscuros. Dado que estos cultivares son tan oscuros, su introducción podría generar semillas más oscuras que las actualmente presentes en el país, característica que iría en detrimento de las posibilidades para la elaboración de tofu.

IV.3 Aminoácidos de la semilla de soja

Además de los criterios de peso y color, como consta en bibliografía tal como fuera mencionado en los ítems II.5.2 y II.9.1, en la elaboración de tofu se ha estudiado que el contenido proteico de la soja es crítico para el rendimiento y calidad del producto (Mullin y col., 2001; Shih y col., 2002; Wang y Chang, 1995). Por otra parte se menciona que la relación entre las proteínas de reserva 7S y 11S contribuiría a obtener distintas texturas de tofu. La proteína 11S posee mayor concentración de aminoácidos azufrados pero no se hay estudios que analicen el comportamiento del contenido de aminoácidos con las características funcionales del tofu. La determinación cuantitativa de aminoácidos podría resultar una medida indirecta de la relación de estas proteínas.

Los únicos datos encontrados sobre el contenido de aminoácidos de soja en Argentina corresponden a las variedades A4656, ADM43, ADM48, CX458, DM440, Delia46, Faca502, Fulgor33, TJ2046 de la cosecha 1998 - 1999 que se encuentran en la base de datos del International Life Sciences Institute (ILSI, 2009).

Se procedió a realizar un análisis de algunas variedades de mayor peso y color mas claro así como de otras que resultaban de interés para el INTA Marcos Juárez, ente que suministró las muestras.

Los métodos utilizados se encuentran en el ítem III.3. de materiales y métodos. Cabe destacar que las curvas de calibración fueron lineales ($R^2 > 0,999$) realizados con 10 niveles de concentración y 12 niveles para prolina e hidroxiprolina (Tabla IV.3.1 del Anexo VII). Las muestras se realizaron por triplicado con hidrólisis independientes. Durante el proceso de hidrólisis para la determinación de metionina y cistina, en muchos casos se perdió uno de los replicados por rotura del cierre. Sin embargo el coeficiente de variación entre replicados fueron siempre menores a 10%, registrándose valores cercanos a 10% para metionina, cistina, tirosina y triptofano y en los demás el coeficiente de variación fue menor al 3%.

IV.3.1. Contenido de aminoácidos en la semilla de soja

Se analizaron los diferentes aminoácidos presentes en la semilla de soja de diversos cultivares a través de Cromatografía Líquida de Alta Presión como se especifica en el ítem III.3. de materiales y métodos. Las tablas de los valores determinados para cada aminoácido de los distintos cultivares y todas sus repeticiones se encuentran en la **Tabla VII.3.1.1** del Anexo VII.

Los genotipos analizados, corresponden a las siguientes variedades: A5520, A6445, A7636, A8000, DM3100, DM3700, DM4400, DM4600 y DM4800. Estos cultivares fueron sembrados en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Salta, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán, en la **Tabla IV.3.1.2** se encuentran los valores de las medias del contenido de cada aminoácido, por variedad, expresados en peso en base seca de cada aminoácido por 100gr de semilla libre de aceite.

En la **Tabla IV.3.1.3** se pueden observar los valores mínimos, máximos y medias de los aminoácidos expresados en gr/100gr sobre sustancia seca, libre de aceite. Estos datos corresponden a las variedades sembradas en Argentina y fueron calculados a partir de los valores que se encuentran en la base de datos del International Life Sciences Institute (ILSI). Las variedades analizadas fueron: A4656, ADM43, ADM48, CX458, DM440, Delia46, Faca502, Fulgor33, TJ2046 y los datos publicados corresponden a los años 1998 y 1999, sobre peso seco que fueron recalculados sobre materia desgrasada y se incluyó el número de datos presentes en la base. Los métodos utilizados en el análisis de estos genotipos son los descriptos en el AOAC International, (AOAC Método Oficial 982.30, año 1998 y AOAC Método Oficial 982.30, año 2000, ILSI, 2009).

En la **Tabla IV.3.1.3** se incluyen además los valores correspondientes a los cultivares analizados en este trabajo de tesis.

Se puede observar que si bien los porcentajes de proteína y aceite han aumentado con respecto a los datos aportados por ILSI el contenido de aceite lo ha hecho en un 48%, mientras que el de proteína en un 14% dando la pauta que las variedades sembradas están orientadas a la extracción de aceite. No obstante

Medias del contenido de cada aminoácido de los cultivos sembrados en Argentina expresado en gr/100gr de sustancia seca, libre de grasa																								
Variedad	A5520		A7636		A6445		A8000		DM3100		DM3700		DM4400		DM4600		DM4800		Tokyo		IL2		Kerubi	
	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media	n	Media
Aminoácido	16	2,30	10	2,50	77	1,77	131	1,99	18	1,85	16	2,14	14	1,87	17	1,93	190	1,89	8	4,18	4	3,77	4	3,52
Alanina	16	2,40	10	1,84	79	3,16	132	2,55	18	2,80	16	2,74	14	2,83	17	2,82	186	2,33	8	2,30	4	2,29	4	2,16
Arginina	15	4,52	10	4,63	76	4,11	134	3,81	16	4,28	16	4,84	16	4,78	15	4,51	180	3,95	8	6,16	4	5,95	4	5,59
Ac. Aspártico	8	0,92	4	1,11	48	0,70	92	0,80	8	0,93	8	0,92	8	0,87	8	0,88	132	0,78	4	1,05	2	1,12	2	1,07
Cisteína	16	8,35	10	8,38	78	8,50	133	7,68	18	8,20	16	8,74	15	8,60	15	8,39	194	7,39	8	9,66	4	9,32	4	8,62
Ac. Glutámico	16	1,89	10	1,71	80	2,14	125	1,79	18	1,88	16	1,96	14	1,84	17	1,94	188	1,64	7	2,79	4	2,69	4	2,57
Glicina	16	2,28	10	2,24	81	2,45	126	2,13	18	2,18	16	2,34	15	2,25	17	2,27	186	2,01	8	2,80	4	2,79	4	2,56
Fenilalanina	14	0,04	8	0,03	78	0,05	120	0,07	15	0,04	14	0,04	14	0,04	15	0,04	180	0,06	8	0,28	4	0,40	3	0,48
Hidroxiprolina	14	1,12	9	1,02	79	1,04	126	0,85	14	1,17	13	1,16	13	1,11	13	1,14	178	0,89	8	1,22	4	1,20	4	1,14
Histidina	16	1,94	10	2,01	79	2,00	136	1,76	18	1,95	16	2,10	15	2,01	17	2,04	190	1,73	8	2,70	4	2,70	3	2,56
Isoleuciona	16	3,47	10	3,57	77	3,50	137	3,14	18	3,39	16	3,57	16	3,49	17	3,55	195	2,90	8	3,76	4	3,71	4	3,44
Leucina	16	2,19	10	1,87	77	2,53	136	2,35	17	2,26	16	2,34	15	2,26	17	2,13	197	2,25	8	3,48	4	3,39	3	3,36
Metionina	8	0,66	4	0,70	44	0,56	92	0,67	8	0,70	8	0,70	8	0,67	8	0,69	128	0,65	4	0,70	2	0,72	2	0,70
Prolina	14	2,16	8	2,18	78	2,44	120	2,16	15	2,08	14	2,14	13	2,13	15	2,13	191	2,07	8	2,62	4	2,39	4	2,23
Serina	16	2,49	10	2,33	79	2,67	132	2,34	18	2,51	16	2,62	14	2,53	16	2,59	194	2,22	8	3,29	4	3,16	3	3,11
Treonina	16	1,63	10	1,52	78	1,71	127	1,61	18	1,68	16	1,76	14	1,66	17	1,72	192	1,58	8	2,05	4	2,06	3	2,02
Triptofano	10	0,52	6	0,39	43	0,58	79	0,50	10	0,52	10	0,50	10	0,52	10	0,53	130	0,54	2	0,62	2	0,66	2	0,66
Triptofano	9	1,34	6	1,27	48	1,46	91	1,36	10	1,34	10	1,32	10	1,34	10	1,36	128	1,28	8	2,12	4	2,05	4	1,84
Tirosina	16	1,81	10	1,85	80	2,03	125	1,80	18	1,79	15	1,91	15	1,83	15	1,83	183	1,70	8	2,33	4	2,37	4	2,16
Valina																								
Porcentaje de proteína humedad y grasas																								
Proteína Cruda		38,38		38,50		41,97		39,64		38,16		38,50		38,87		38,48		38,77						
Humedad						11,27		10,81										10,20						
Grasas		20,68		21,90		21,25		21,78		22,02		21,78		21,43		21,55		22,94						

Tabla IV.3.1.2 Valores medios, número de repeticiones y porcentaje de proteínas, humedad y grasa de los cultivos sembrados en Argentina período 2001-2005

	Porcentajes mínimos, máximos y medios de aminoácidos en gr/100 gr de sss, libre de grasa											
	Valores de la base de datos del ILSI				Valores de los cultivares analizados				Cultivares Exóticos			
	Mínimo	Máximo	Media	n	Mínimo	Máximo	Media	n	Mínimo	Máximo	Media	n
Aminoácido												
Alanina	1,62	2,41	1,13	94	0,77	5,09	1,92	489	3,12	4,55	3,91	16
Arginina	2,48	4,03	1,80	94	0,66	4,45	2,57	488	1,96	2,49	2,26	16
Ac. Aspártico	4,03	6,46	2,89	94	0,81	7,84	4,05	478	5,25	6,42	5,97	16
Cistina/Cisteína	0,41	0,92	0,40	94	0,23	2,01	0,79	316	101	1,12	1,07	8
Ac. Glutámico	6,27	10,06	4,54	94	2,76	12,94	7,81	495	7,97	10,32	9,31	16
Glicina	1,56	2,40	1,09	94	0,34	3,70	1,81	484	2,21	3,08	2,71	15
Fenilalanina	1,73	2,81	1,26	94	0,28	3,84	2,16	485	2,34	2,96	2,74	16
Hidroxiprolina					0,01	0,26	0,05	458	0,07	0,62	0,35	15
Histidina	0,96	1,47	0,68	94	0,21	2,77	0,95	459	1,03	1,38	1,2	16
Isoleuciona	1,58	2,68	1,17	94	0,69	3,08	1,83	497	2,3	3,05	2,68	15
Leucina	2,74	4,33	1,96	94	1,14	5,65	3,16	502	3,18	3,97	3,66	16
Lisina	2,38	3,62	1,67	94	0,54	4,77	2,30	501	2,78	3,99	3,43	15
Metionina	0,47	0,86	0,36	94	0,24	2,07	0,64	308	0,63	0,75	0,7	8
Prolina	1,79	3,02	1,31	94	0,96	4,16	2,16	468	2,03	2,78	2,47	16
Serina	1,78	2,84	1,28	94	0,74	4,10	2,38	495	2,88	3,56	3,22	15
Treonina	1,37	2,11	0,97	94	0,59	3,47	1,62	488	1,73	2,31	2,05	16
Triptofano	0,39	0,63	0,28	94	0,20	1,28	0,55	308	0,61	0,69	0,65	6
Tirosina	1,03	1,87	0,84	94	0,66	2,57	1,33	322	1,65	2,34	2,04	16
Valina	1,72	2,85	1,26	94	0,68	3,21	1,80	477	1,89	2,66	2,3	16
Proteína Cruda	30,5	36,7	34,53	94								
Humedad	6,6	14,9	10,40	94								
Grasas	9,21	18,8	14,96	94								

Tabla IV.3.1.3 Datos de los aminoácidos, proteína, humedad y grasa de cultivares sembrados en Argentina provenientes de la base de datos del ILSI (1998-1999), germoplasma argentino analizado y germoplasma de variedades exóticas sembradas en Argentina

el contenido de proteína ha mejorado alcanzando los niveles de Brasil y los valores máximos de nuestro país se acercan actualmente a los valores de China (Karr-Lilienthal y col., 2004).

Al analizar los valores medios se observa que el contenido de proteína es similar para todas las variedades excepto A8000 y A6445 que presentan mayor contenido de proteína sin variar su contenido de aceite.

Los valores medios de aminoácidos analizados superan los valores publicados por el ILSI así como los presentados en el trabajo de Karr-Lilienthal y col. (2004).

El total de aminoácidos de las variedades divulgadas por el ILSI es de 24.89 gr/100 gr sobre sustancia seca, libre de aceite, mientras que el proveniente de los análisis realizados es de 39.88 gr/100 gr sobre sustancia seca, libre de aceite. El contenido de aminoácidos esenciales de las variedades analizadas supera en un 58% al reportado por el ILSI.

IV.3.2. Incidencia de los factores climáticos en el contenido de aminoácidos

Las variables ambientales utilizadas en el ítem III.4.4.1 de materiales y métodos fueron calculadas utilizando los siguientes datos: la temperatura diaria media del aire, la temperatura máxima y mínima diaria del aire, la radiación solar media diaria y la precipitación diaria. Los valores de temperatura y radiación solar se obtuvieron de las estaciones de la Red Meteorológica del INTA situado no más allá de 10 km de cada localidad, en tanto que los registros de precipitaciones se obtuvieron de pluviómetros ubicados en cada sitio experimental. Teniendo en cuenta estos datos se calcularon las nuevas variables: el promedio de la Temperatura máxima media durante el llenado de granos (T_{mxR5R7}), el promedio de la Temperatura media durante el llenado de granos (T_{mR5R7}), el promedio de la Temperatura mínima durante el llenado de granos (T_{mnR5R7}), la radiación solar acumulada durante el llenado de granos ($RsR5R7$). La evapotranspiración potencial acumulada durante el período reproductivo ($R1R7$) se calculó por medio de la ecuación de Penman (1948) y el índice de estrés se consideró como la diferencia entre la precipitación acumulada y la ETP durante el período reproductivo ($pp-ETP_{R1R7}$). Los datos registrados se presentan en la Tabla IV.3.2.1 del Anexo VII.

Se analizaron los diferentes aminoácidos presentes en la semilla de soja de diversos cultivares a través de Cromatografía Líquida de Alta Presión como se especifica en el ítem

III.3. de materiales y métodos. Los datos de las medianas del contenido de cada aminoácido de las distintas variedades figuran en la **Tabla IV.3.2.2** del Anexo VII.

Los datos de aminoácidos fueron analizados estadísticamente según se indica en el ítem **III.4.4.1.** de la metodología, se calcularon los coeficientes de regresión y p-valor de la relación de cada aminoácido con las variables meteorológicas y los resultados se presentan en la **Tabla IV.3.2.3**, Anexo VII.

A partir de este análisis se pudo observar que existe una relación entre aminoácidos como cistina, ácido aspártico, ácido glutámico, serina y fenilalanina y las variables ambientales, especialmente con la temperatura máxima media durante el período de llenado de granos (TmR5R7). Los resultados se presentan en la **Tabla IV.3.2.4**.

Variable climática	Temperatura máxima media durante el llenado de granos (TmxR5R7)		Temperatura media durante el llenado de granos (TmR5R7)		Precipitación menos evapotranspiración potencial durante el período reproductivo, (pp-ETPR1R7)	Radiación solar acumulada durante el llenado de granos (RsR5R7)
	Lineal	Cuadrática	Lineal	Cuadrática		
Aminoácidos						
Cistina.	+	-			+	
Ac. Aspartico	+					
Ac. Glutamico	+	-				
Serina	+	-			-	
Histidina					-	
Glicina	-				-	
Treonina					-	
Metionina			+	-		
Alanina			+	-		
Arginina	-				-	
Tirosina					+	+
Triptofano	-				-	
Valina						
Fenilalanina	+	-				
Isoleucina			+	-		
Leucina			+	-		
Lisina	-	+				
Hidroxi-prolina	-	+				
Prolina						

Tabla IV.3.2.4 Variables climáticas que se relacionaron significativamente ($p < 0,05$) con el contenido de aminoácidos en forma positiva (+) o negativa (-).

Esta relación presenta en ciertos casos un componente lineal y otras un componente lineal y cuadrático ($p < 0,05$). Se encontró que la relación con la disponibilidad hídrica

durante el período reproductivo (pp-ETPR_{1R7}) es positiva (+) para la cistina y para la tirosina lo que indica mayor proporción de estos aminoácidos a menor estrés hídrico; mientras que para serina, histidina, glicina, treonina, arginina y triptófano se observa un efecto contrario (-).

En el caso de la tirosina se observa una asociación positiva (+) y significativa con la radiación solar acumulada durante el llenado de granos (Tabla IV.3.2.4).

En un trabajo reciente de Carrera y col. (2009) se ha encontrado para las proteínas totales, un umbral pp-ETPR_{1R7} de 70 mm, por encima del cual no existe influencia de la disponibilidad hídrica, pero este umbral no pudo ser aplicado a los aminoácidos.

Discusión

El contenido de la mayoría de los aminoácidos respondió a variables climáticas analizadas en este estudio, en especial a las temperaturas durante el período de llenado de granos, a la disponibilidad hídrica durante el período reproductivo, y a veces a ambas variables simultáneamente (Tabla IV.3.2.4).

Con respecto a la disponibilidad hídrica, no es posible la aplicación de un umbral común para todos los aminoácidos, quizás porque cada uno por separado posea una sensibilidad diferente a este indicador.

IV.3.3. Relación entre las concentraciones de aminoácidos presentes en la semilla de soja

Si bien los cultivares fueron sembrados en distintas localidades y fechas y como consecuencia de ello, las condiciones meteorológicas y fotoperiódicas a las que se vieron expuestos fueron diferentes, al analizar el contenido de los aminoácidos de cada cultivar se propuso observar si los valores absolutos de la concentración de aminoácidos guardaban cierta relación entre sí. Las relaciones entre las concentraciones de cada aminoácido se analizaron estadísticamente a través del programa Statistix versión 7 (2000). Se calcularon los coeficientes de correlación de la regresión lineal ($p < 0,01$) entre pares de aminoácidos y aminoácidos totales, esenciales y no esenciales para medir el grado de asociación entre las variables. Se estudiaron y analizaron las relaciones que presentaban coeficientes de correlación mayores. En esta área, para entidades biológicas, valores de regresión mayores a 0,6 merecen ser considerados. Los cultivares elegidos para este análisis fueron aquellos de

los cuales se disponían la mayor cantidad de muestras y se procedió a analizar las medianas del contenido de cada aminoácido con respecto a los restantes aminoácidos, a los aminoácidos totales, a los aminoácidos esenciales y no esenciales para cada cultivar.

IV.3.4.a. Cultivar A8000

En este caso se dispuso de 34 cultivares del genotipo A8000 sembrado en las localidades de Concepción de Uruguay y Paraná (Provincia de Entre Ríos), Manfredi y Marcos Juárez (Provincia de Córdoba), Rafaela y Reconquista (Provincia de Santa Fe), Salta, Santiago del Estero y Tucumán. Se graficaron las medianas (Tabla IV.3.4.a.1 del Anexo VII) de las distintas repeticiones para permitir una mejor visualización.

En este cultivar se observa por ejemplo, que al aumentar el contenido de cisteína aumenta linealmente el contenido de ácido aspártico (Figura IV.6.a.1) y el de metionina (Figura IV.6.a. 2).

En la Tabla IV.3.4.a.2 se observa los coeficientes de correlación lineal calculados al relacionar cada aminoácido con el resto de los aminoácidos analizados, así como con el contenido total de aminoácidos, aminoácidos esenciales y no esenciales. En esta tabla se puede observar que el coeficiente de correlación R^2 es 0,7913 y el de cisteína con metionina es 0,862. Por los altos coeficientes de correlación hallados se indicaron los valores mayores a 0,6, pero se analizaron más en detalles los mayores a 0,7 ($p<0.01$).

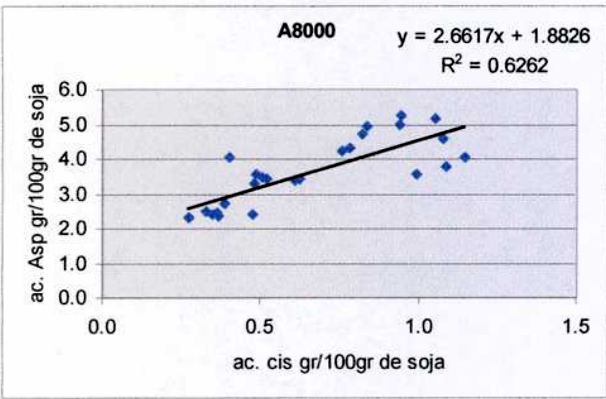


Figura IV.6.a.1 Relación entre el contenido de cisteína y ácido aspártico

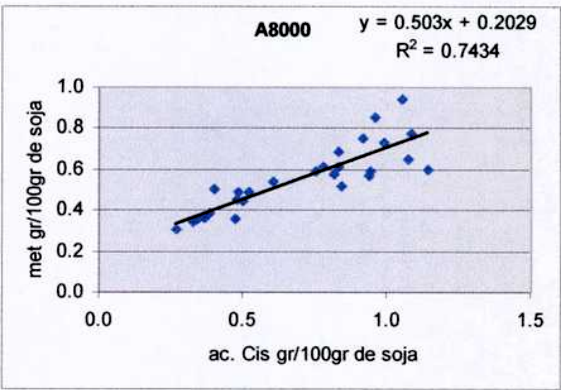


Figura IV.6.a.2 Relación entre el contenido de cisteína y metionina

El ácido aspártico correlaciona linealmente con metionina, lisina e hidroxiprolina, al aumentar este aminoácido aumenta el contenido de ellos (Tabla IV.3.4.a.2).

El ácido glutámico (Figuras IV.6.a.3-6) muestra una marcada relación lineal con la concentración de serina, valina, isoleucina y leucina. Además en la Tabla IV.3.4.a.2 se observa que se relaciona linealmente también con histidina, glicina, treonina, alanina, arginina, tirosina y fenilalanina, por lo tanto con el contenido de aminoácidos totales, esenciales, y no esenciales.

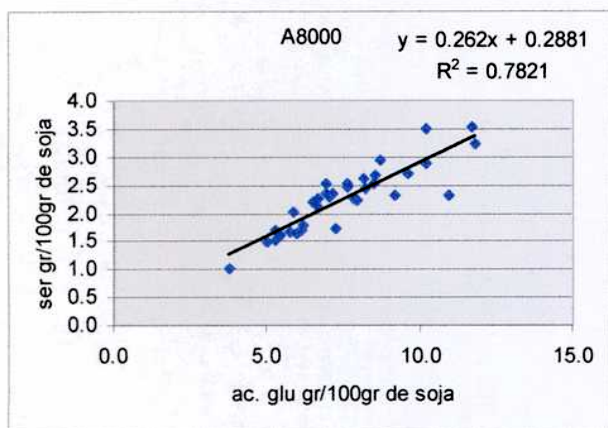


Figura IV.6.a.3 Relación entre el contenido de ácido glutámico y serina

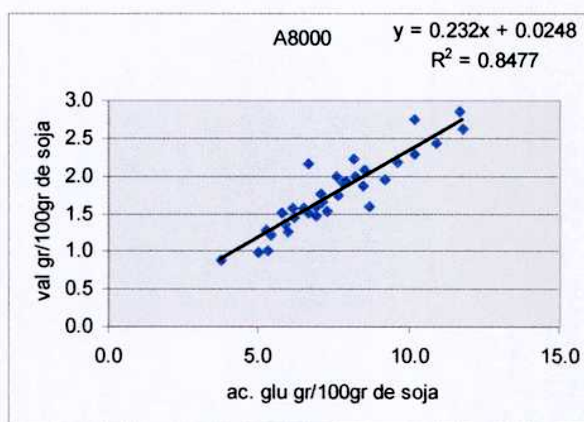


Figura IV.6.a.4 Relación entre el contenido de ácido glutámico y valina

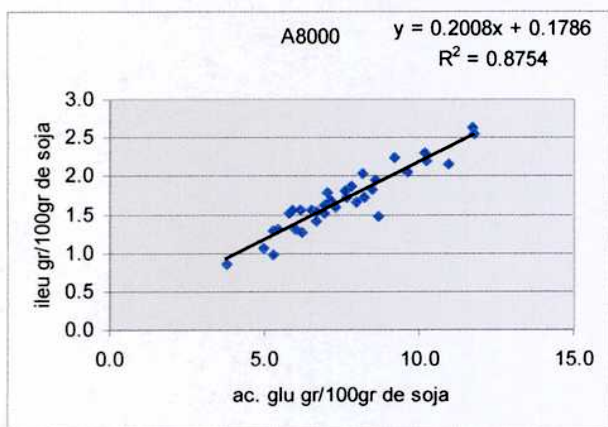


Figura IV.6.a.5 Relación entre el contenido de ácido glutámico e isoleucina

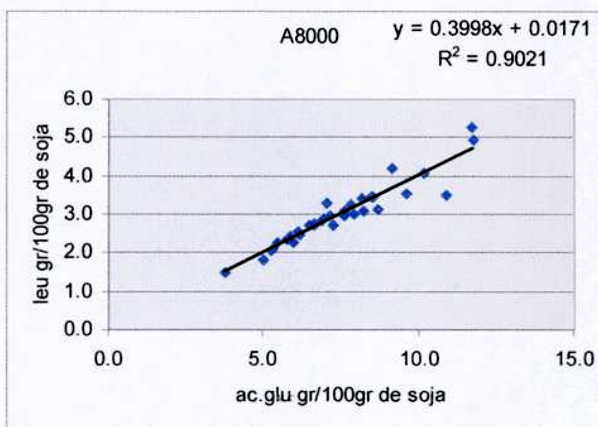


Figura IV.6.a.6 Relación entre el contenido de ácido glutámico y leucina

Al analizar el aminoácido serina se observa que al aumentar su contenido en el cultivar aumenta linealmente el contenido de histidina, glicina, treonina, alanina, arginina,

tirosina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina y como consecuencia los aminoácidos totales, los esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

En el caso de histidina, la relación lineal se aprecia con el contenido de alanina, tirosina, valina, fenilalanina, isoleucina y leucina, observándose la misma relación con los aminoácidos totales, los esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

La glicina muestra una relación con la arginina y fenilalanina, relación que se mantiene con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales ya que esta no es un aminoácido esencial (Tabla IV.3.4.a.2).

En el caso de la treonina mantiene una relación con alanina, valina, isoleucina, leucina y como es de esperar con los aminoácidos esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

Para alanina la relación lineal se establece con arginina, tirosina, valina, isoleucina, leucina y como consecuencia con los aminoácidos totales, los esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

La arginina se relaciona linealmente con tirosina, fenilalanina, isoleucina, leucina y con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

La tirosina a su vez se relaciona de la misma manera con valina, fenilalanina, isoleucina y leucina, al igual que con el contenido de aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

Cuando se incrementa el contenido de valina también lo hace de manera lineal el contenido de isoleucina, leucina, el de los aminoácidos totales, y el de los esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

Con el incremento de fenilalanina se observa un crecimiento lineal de la concentración de isoleucina y leucina como también de aminoácidos totales, esenciales y no esenciales. No existe relación lineal entre la fenilalanina, la lisina, hidroxiprolina o prolina. La isoleucina se relaciona linealmente con el contenido de leucina, aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2). Por último con el incremento de leucina aumenta el contenido de aminoácidos totales y al ser un aminoácido esencial el contenido de aminoácidos esenciales, pero también el de los no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2).

Se puede observar que el aumento en el contenido de aminoácidos esenciales va acompañado por el de no esenciales (Tabla IV.3.4.a.2), por ello, el contenido de aminoácidos totales correlaciona con el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales.

Coeficientes de Correlación Lineal (Pearson)																						
	Cis	Ác. Asp	Ac. Glu	Serina	Hist	Gli	Treo	Met	Ala	Arg	Tir	Trp	Val	Fenil-ala	Isoleu	Leu	Lis	Hidro-xiprol	Prol	aa tot	aa esn	aa no esen
Cisteina		0,7913	0,161	-0,112	-0,08	-0,38	0,265	0,862	0,125	-0,572	0,021	0,4208	0,2104	-0,387	0,2236	0,251	0,405	0,6468	-0,43	-0,072	0,065	-0,139
Ácido Aspártico			0,581	0,3468	0,52	0,241	0,513	0,806	0,68	0,149	0,353	0,4132	0,6331	0,132	0,5902	0,578	0,734	0,7307	0,104	0,562	0,555	0,553
Ácido Glutámico				0,8844	0,782	0,744	0,81	0,251	0,828	0,732	0,813	0,2469	0,9207	0,777	0,9357	0,95	0,287	0,0789	0,436	0,861	0,9	0,802
Serina					0,746	0,906	0,767	0,051	0,753	0,808	0,771	0,2384	0,8279	0,866	0,8435	0,896	0,139	-0,106	0,452	0,828	0,83	0,79
Histidina						0,649	0,584	-0,17	0,827	0,556	0,756	0,2841	0,7881	0,81	0,7676	0,808	0,162	-0,141	0,409	0,834	0,795	0,821
Glicina							0,57	-0,08	0,671	0,781	0,637	0,1564	0,6982	0,809	0,6653	0,695	0,106	-0,256	0,446	0,811	0,732	0,814
Treonina								0,289	0,814	0,645	-0,02	-0,016	0,8282	0,553	0,7747	0,821	0,157	0,2336	0,189	0,548	0,612	0,488
Metionina									0,194	-0,024	-0,23	0,4107	0,276	-0,323	0,2458	0,297	0,52	0,5948	-0,01	0,047	0,171	-0,018
Alanina										0,79	0,743	0,2384	0,871	0,667	0,8605	0,899	0,596	0,0227	0,488	0,824	0,817	0,812
Arginina											0,707	-0,002	0,6752	0,741	0,735	0,717	0,449	-0,09	0,581	0,735	0,706	0,706
Tirosina												0,3296	0,7025	0,784	0,8434	0,84	0,212	-0,01	0,373	0,781	0,766	0,755
Triptofano													0,2032	0,149	0,2889	0,253	0,306	0,0693	0,121	0,33	0,289	0,335
Valina														0,683	0,9272	0,907	0,221	0,0947	0,273	0,776	0,825	0,715
Fenilalanina															0,7705	0,826	0	-0,283	0	0,817	0,818	0,784
Isoleucina																0,961	0,283	0,42	0,014	0,828	0,885	0,761
Leucina																	0,243	0,0892	0,356	0,798	0,876	0,722
Lisina																		0,3833	0,234	0,34	0,43	0,277
Hidroxi-prolina																			-0,38	-0,151	0,038	-0,242
Prolina																				0,599	0,503	0,625
aa totales																					0,942	0,985
aa esencial																						0,87

aminoácidos esenciales;
 coef. de correlación >0,7;
 0,6<coef. de correlación <0,7 (p<0,01)

Tabla IV.3.4.a.2 Coeficiente de correlación lineal entre aminoácidos del cultivar A8000

IV.3.4.b. Cultivar A6445

Para el genotipo A6445 se dispuso de 25 cultivares sembrados en Concepción de Uruguay y Paraná (Provincia de Entre Ríos), Manfredi y Marcos Juárez (Provincia de Córdoba), Reconquista (Provincia de Santa Fe), además de los cultivares sembrados en las provincias de Salta, Santiago del Estero y Tucumán. Se graficaron las medianas de las distintas repeticiones (**Tabla IV.3.4.b.1** del Anexo VII).

En la **Tabla IV.3.4.b.2** se observa los coeficientes de correlación lineal calculados al relacionar cada aminoácido con el resto de los aminoácidos y con el contenido total de aminoácidos, aminoácidos esenciales y no esenciales.

En el cultivar A6445 se puede apreciar que un incremento en la cisteína va acompañado por un aumento en metionina (**Figura IV.6.b.1**).

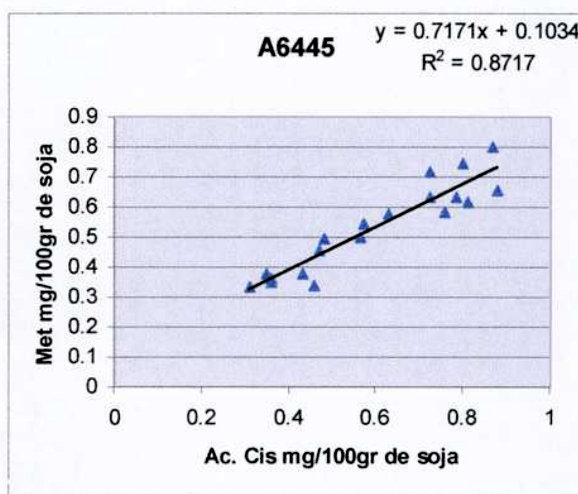


Figura IV.6.b.1 Relación entre el contenido de cisteína y metionina

El ácido aspártico se relaciona linealmente con histidina (**Tabla IV.3.4.b.2**).

Existe una correlación entre el contenido de ácido glutámico y los siguientes aminoácidos: serina, glicina, treonina, valina, isoleucina y leucina, por lo que también se verifica una correlación con los aminoácidos totales, los esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.b.2**).

En el caso de la serina, esta se relaciona linealmente con glicina, treonina, arginina, fenilalanina y con los aminoácidos totales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.b.2**).

La histidina correlaciona con la alanina y con los aminoácidos totales y no esenciales (Tabla IV.3.4.b.2).

La glicina correlaciona con la treonina y la arginina, además con los aminoácidos totales y no esenciales ya que pertenece a este grupo (Tabla IV.3.4.b.2).

La treonina solo correlaciona linealmente con los aminoácidos totales y con los no esenciales (Tabla IV.3.4.b.2).

La metionina se relaciona solo con la isoleucina y con los aminoácidos esenciales a los cuales pertenece (Tabla IV.3.4.b.2).

La alanina correlaciona con los aminoácidos totales y con los no esenciales, por ser este aminoácido no esencial (Tabla IV.3.4.b.2).

La valina se relaciona linealmente con fenilalanina, isoleucina y leucina y por lo tanto con los aminoácidos totales y esenciales, aunque también lo hace con los no esenciales (Tabla IV.3.4.b.2).

Cuando la concentración de fenilalanina aumenta lo hace la de leucina y como es de esperar la de los aminoácidos esenciales (Tabla IV.3.4.b.2).

La isoleucina se relaciona con la leucina y con los aminoácidos totales y esenciales dado que ambas pertenecen a este grupo (Tabla IV.3.4.b.2). La leucina correlaciona con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (Tabla IV.3.4.b.2).

Aquí también se observa que un incremento en los aminoácidos totales va acompañado de un aumento en los esenciales y no esenciales, pues los aminoácidos esenciales correlacionan linealmente con los no esenciales, como ocurría en el cultivar anterior (Tabla IV.3.4.b.2).

Coeficiente de correlación lineal (Pearson)																						
	Cis	Ac. Asp	Ac. Glu	Ser	Hist	Gli	Treo	Met	Ala	Arg	Tir	Trp	Val	Fenil-ala	Isole	Leu	Lis	Hidro-xiprol	Prol	aa tot	aa esn	aa no esen
Cisteína		0,56	0,16	-0,08	0,25	-0,11	0,03	0,807	0,406	-0,15	0,216	0,269	0,394	0	0,51	0,45	0,26	0,032	-0,02	0,33	0,409	0,268
Acido Aspartico			0,47	0,22	0,732	0,2	0,382	0,633	0,634	0,207	0,17	0,179	0,454	-0,077	0,44	0,45	0,55	0,483	0,34	0,66	0,571	0,671
Acido Glutámico				0,818	0,556	0,72	0,832	0,494	0,673	0,446	0,427	0,07	0,795	0,689	0,72	0,81	0,22	-0,13	0,23	0,9	0,784	0,92
Serina					0,448	0,95	0,906	0,39	0,599	0,714	0,265	0,119	0,581	0,748	0,49	0,65	0,19	-0,27	0,23	0,81	0,675	0,844
Histidina						0,36	0,58	0,51	0,747	0,612	0,151	0,08	0,463	0,238	0,35	0,4	0,46	0,081	0,27	0,71	0,604	0,724
Glicina							0,884	0,369	0,525	0,703	0,336	0,237	0,525	0,66	0,45	0,57	0,2	-0,2	0,12	0,75	0,623	0,782
Treonina								0,494	0,692	0,692	0,276	0,165	0,642	0,621	0,56	0,58	0,18	-0,18	0,17	0,84	0,691	0,768
Metionina									0,653	0,238	0,31	0,321	0,677	0,335	0,74	0,7	0,34	-0,07	0,11	0,69	0,718	0,637
Alanina										0,497	0,236	-0,13	0,503	0,375	0,53	0,59	0,13	-0,08	0,17	0,75	0,585	0,798
Arginina											0,027	0,174	0,344	0,528	0,16	0,22	0,36	-0,21	0,13	0,59	0,489	0,617
Tirosina												0,326	0,387	0,377	0,5	0,53	0,14	-0,13	-0,42	0,39	0,436	0,348
Triptofano													0,196	0,006	0,1	0,12	0,39	-0,08	-0,35	0,2	0,294	0,141
Valina														0,731	0,94	0,86	0,49	0,023	0,32	0,85	0,927	0,768
Fenil-alanina															0,69	0,73	0,25	-0,38	0,17	0,67	0,727	0,599
Isoleucina																0,89	0,39	0,016	0,25	0,78	0,875	0,691
Leucina																	0,4	-0,05	0,28	0,85	0,888	0,782
Lisina																		0,538	0,45	0,53	0,68	0,424
Hidroxi-prolina																			0,59	0,06	0,087	0,032
Prolina																				0,37	0,359	0,347
aa totales																					0,938	0,982
aa esencial																						0,854

■ aminoácidos esenciales; ■ coef. de correlación >0,7; ■ 0,6< coef. de correlación <0,7 (p<0,01)

Tabla IV.3.4.b.2 Coeficiente de correlación lineal de los aminoácidos del cultivar A6445

IV.3.4.c. Cultivar DM4800

De la variedad DM4800 se dispuso de 63 cultivares sembrados en las localidades de Balcarce, Barrow y Bellocq (Provincia de Buenos Aires), Concepción del Uruguay y Paraná (Provincia de entre Ríos), La Pampa, Manfredi, Marcos Juárez y la Universidad de Córdoba (Provincia de Córdoba), Rafaela y Reconquista (Provincia de Santa Fe), y en las provincias de Salta, Santiago del Estero y Tucumán. Se analizaron las medianas de las distintas repeticiones (Tabla IV.3.4.c.1 del Anexo VII).

En la Figura IV.6.c.1 y 2 se observa el comportamiento de las medianas del ácido glutámico con respecto a la serina y a los aminoácidos no esenciales.

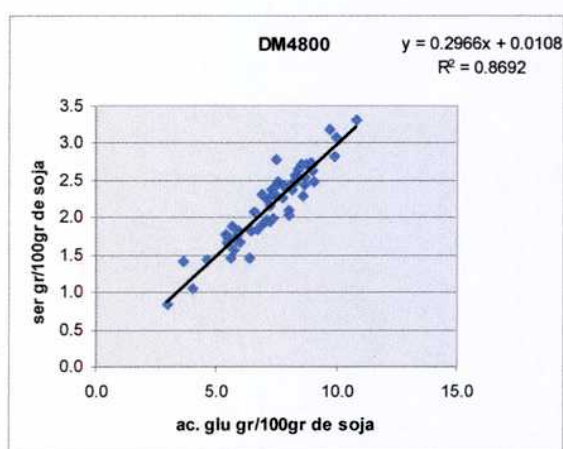


Figura IV.6.c.1 Relación entre el contenido de ácido glutámico y serina

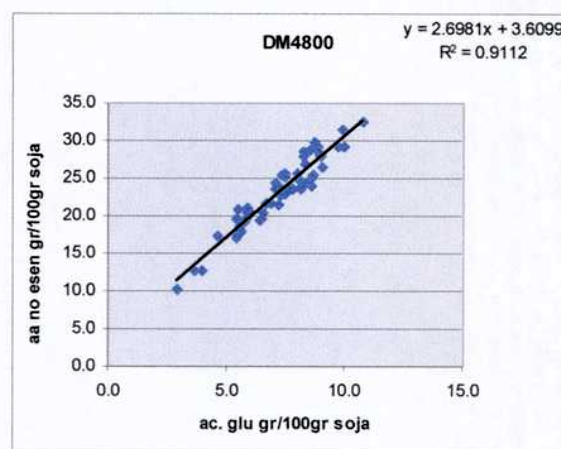


Figura IV.6.c.2 Relación entre el contenido de ácido glutámico y aminoácidos no esenciales

Además correlaciona con glicina, treonina, tirosina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina y con los aminoácidos totales y esenciales.

En la Tabla IV.3.4.c.2 se observa las regresiones lineales calculadas al relacionar cada aminoácido con el resto de los aminoácidos analizados, así como con el contenido total de aminoácidos, aminoácidos esenciales y no esenciales.

En este cultivar la cisteína correlaciona positivamente con la metionina (Tabla IV.3.4.c.2).

El ácido aspártico se relaciona linealmente con aminoácidos totales y esenciales a pesar de no pertenecer a este tipo de aminoácidos (Tabla IV.3.4.c.2).

Al analizar los coeficientes para serina se observa que ésta correlaciona con la glicina, treonina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina y con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.c.2**).

La histidina lo hace con la leucina y con los aminoácidos esenciales ya que ambos pertenecen a este grupo (**Tabla IV.3.4.c.2**).

La glicina se relaciona linealmente con valina y leucina (**Tabla IV.3.4.c.2**).

La treonina, guarda relación con la valina, isoleucina, leucina y con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.c.2**).

La tirosina se relaciona linealmente solo con valina (**Tabla IV.3.4.c.2**).

Por su parte la valina se relaciona con isoleucina y leucina (**Tabla IV.3.4.c.2**).

Cuando la fenilalanina se incrementa aumenta también la isoleucina, la leucina y los aminoácidos totales (**Tabla IV.3.4.c.2**).

Con un aumento de la concentración de isoleucina se incrementa la leucina, los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.c.2**). En la **Figura IV.6.c.3** se observa la correspondiente relación entre isoleucina y leucina, con un R^2 de 0,7847.

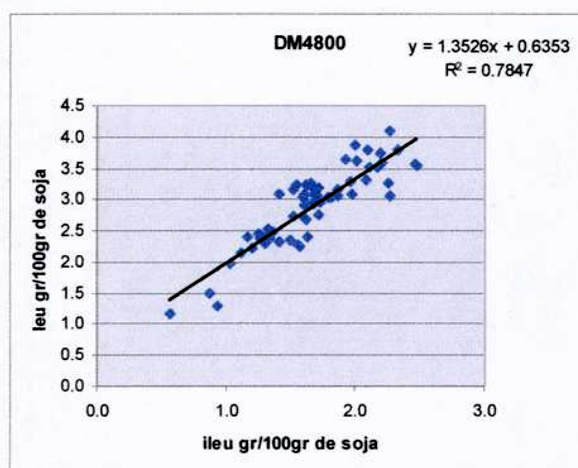


Figura IV.6.c.3 Relación entre el contenido de isoleucina y leucina

La leucina correlaciona con los aminoácidos esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.c.2**).

Con el incremento de los aminoácidos totales se incrementan tanto los aminoácidos esenciales como los no esenciales (**Tabla IV.3.4.c.2**).

Nuevamente el contenido de los aminoácidos esenciales se relaciona positivamente con el de los aminoácidos no esenciales (Tabla IV.3.4.c.2).

Coeficientes de correlación lineal (Pearson)																						
	Cis	Ac. Asp	Ac. Glu	Ser	Hist	Gli	Treo	Met	Ala	Arg	Tir	Trp	Val	Fenil-ala	Isole	Leu	Lis	Hidro-xiprol	Prol	aa tot	aa esen	aa no esen
Cisteína		0,519	0,091	0,072	0,13	0,04	0,31	0,815	0,24	0,161	0	0,3	0,17	-0,13	0,26	0,213	0,234	0,1149	0,05	0,306	0,284	0,292
Ácido Aspartico			0,637	0,526	0,57	0,44	0,63	0,312	0,46	0,619	0,4	0,36	0,64	0,409	0,6	0,651	0,487	0,1626	0,1	0,721	0,736	0,661
Ácido Glutámico				0,937	0,59	0,85	0,76	-0,04	0,66	0,606	0,7	0,25	0,86	0,775	0,81	0,925	0,323	-0,34	0,26	0,879	0,751	0,919
Serina					0,56	0,9	0,76	-0,101	0,6	0,564	0,62	0,43	0,77	0,785	0,74	0,854	0,296	-0,347	0,37	0,91	0,836	0,891
Histidina						0,43	0,61	-0,071	0,38	0,433	0,44	0,33	0,63	0,48	0,59	0,722	0,327	0,014	0,32	0,58	0,703	0,459
Glicina							0,63	-0,015	0,59	0,609	0,64	0,3	0,75	0,527	0,65	0,729	0,286	-0,355	0,27	0,648	0,484	0,694
Treonina								0,107	0,56	0,562	0,53	0,34	0,86	0,673	0,84	0,789	0,177	-0,097	0,27	0,805	0,842	0,729
Metionina									0,1	0,112	-0,2	0,2	-0,01	-0,34	0,04	0,021	0,245	0,224	-0,1	0,117	0,108	0,113
Alanina										0,251	0,52	0,13	0,64	0,337	0,56	0,602	0,271	-0,199	0,11	0,496	0,368	0,533
Arginina											0,46	0,24	0,61	0,4	0,47	0,503	0,362	0,0012	0	0,442	0,4	0,432
Tirosina												0,16	0,7	0,438	0,56	0,688	0,036	-0,08	0,15	0,353	0,26	0,377
Triptofano													0,21	0,124	0,39	0,404	0,328	0,195	0,17	0,416	0,473	0,345
Valina														0,548	0,92	0,863	0,21	-0,173	0,23	0,602	0,57	0,573
Fenilalanina															0,73	0,789	-0,01	-0,324	0,22	0,718	0,679	0,684
Isoleucina																0,887	0,189	-0,197	0,41	0,828	0,876	0,744
Leucina																	0,264	-0,226	0,45	0,914	0,935	0,84
Lisina																		0,1199	0,1	0,416	0,478	0,345
Hidroxiprolina																			-0,4	-0,2	-0,09	-0,255
Prolina																				0,406	0,381	0,389
aa totales																					0,916	0,971
aa esenciales																						0,792

aminoácidos esenciales;
 coef. de correlación >0,7;
 0,6<coef. de correlación <0,7 (p<0,01)

Tabla IV.3.4.c.2 Coeficiente de correlación lineal entre aminoácidos del cultivar DM4800

IV.3.4.d Relaciones en el conjunto de variedades

Se analizaron las medianas de las distintas repeticiones (**Tabla IV.3.4.d.1** del Anexo VII) y se calcularon los coeficientes de correlación de los aminoácidos de todos los cultivares analizados, A8000, A6445, A5520, A7636, DM3100, DM3700, DM4400, DM4600 y DM4800, sembrados en las distintas provincias de Argentina.

Se puede observar que existe una relación positiva entre el contenido del ácido aspártico y el contenido de los aminoácidos totales y los no esenciales dado que este aminoácido pertenece a este grupo de aminoácidos.

El ácido glutámico se relaciona linealmente con el contenido de serina, treonina, alanina, tirosina, valina, isoleucina, leucina (**Figuras IV.6.d.1 y 2**) y con la concentración de aminoácidos totales, esenciales y no esenciales como se indica en la **Tabla IV.3.4.d.2**.

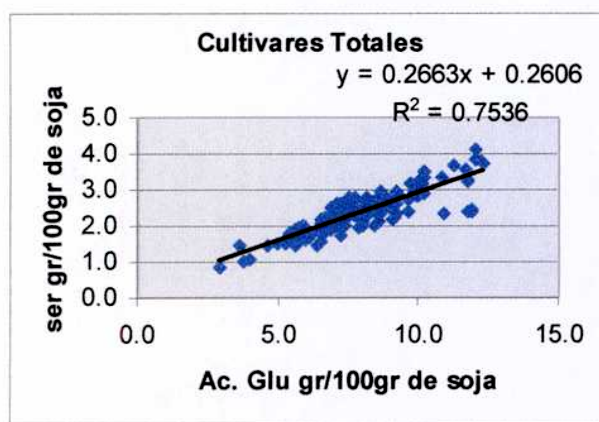


Figura IV.6.d.1 Relación entre el contenido de ácido glutámico y serina

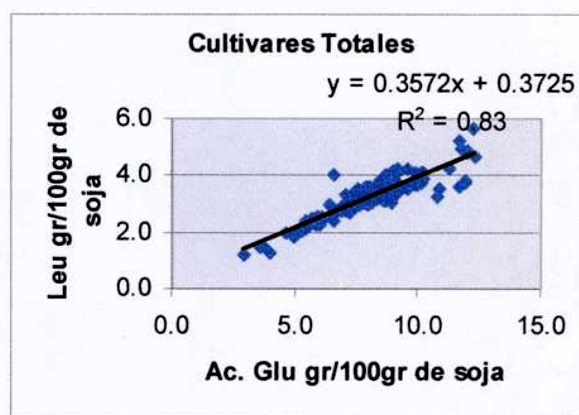


Figura IV.6.d.2 Relación entre el contenido de ácido glutámico y leucina

Para serina se observa también una correlación positiva con la glicina, treonina, arginina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina y con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

La histidina correlaciona linealmente con los aminoácidos totales y esenciales dado que la histidina pertenece a los aminoácidos esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

La glicina se relaciona con los aminoácidos totales y como es de esperar con los aminoácidos no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

La treonina se relaciona linealmente con alanina, valina, isoleucina, aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

Un incremento en la concentración de alanina va acompañado de un aumento en la concentración de leucina, aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

La arginina correlaciona linealmente con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

La tirosina correlaciona con isoleucina y leucina (**Figura IV.3.4.d.3**), así como con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**).

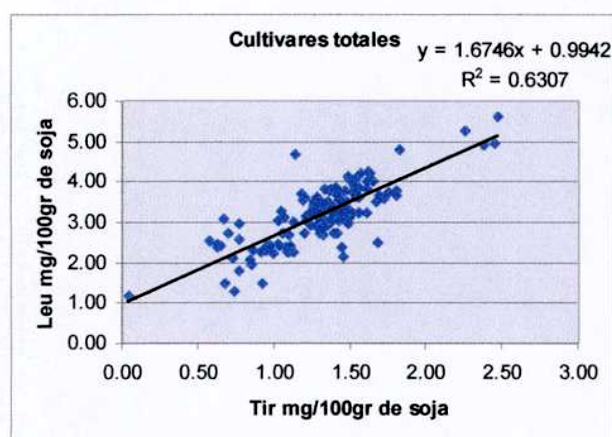


Figura IV.3.4.d.3 Relación entre el contenido de tirosina y leucina

La valina se relaciona linealmente con la isoleucina y la leucina, como también con los aminoácidos totales, esenciales y no esenciales como se puede observar en la **Tabla IV.3.4.d.2**.

La fenilalanina correlaciona positivamente con los aminoácidos esenciales. La isoleucina lo hace con la leucina, aminoácidos totales, esenciales y no esenciales y la leucina con estos tres últimos (**Tabla IV.3.4.d.2**).

El contenido de los aminoácidos totales se relaciona con el de los aminoácidos esenciales y no esenciales (**Tabla IV.3.4.d.2**) y su coeficiente de correlación R^2 es 0,922.

Coeficiente de correlación lineal (Pearson)																						
	Cis	Ac. Asp	Ac. Glu	Ser	Hist	Gli	Treo	Met	Ala	Arg	Tir	Trp	Val	Fenil-ala	Isole	Leu	Lis	Hidro-xiprol	Prol	aa tot	aa esn	aa no esen
Cisteína		0.414	0.18	0.05	0.098	-0.11	0.337	0.64	0.384	0.01	0.122	0.031	0.19	-0.13	0.263	0.256	0.068	0.101	-0.1	0.267	0.231	0.281
Ácido Aspartico			0.65	0.52	0.538	0.388	0.613	0.41	0.646	0.45	0.493	0.143	0.63	0.3	0.648	0.631	0.39	0.2	0.07	0.748	0.689	0.761
Ácido Glutámico				0.87	0.642	0.691	0.749	0.26	0.7	0.58	0.751	0.269	0.87	0.69	0.871	0.911	0.221	-0.05	0.28	0.938	0.884	0.942
Serina					0.629	0.883	0.784	0.21	0.677	0.71	0.685	0.301	0.78	0.72	0.765	0.823	0.225	-0.15	0.29	0.897	0.841	0.903
Histidina						0.473	0.555	0.08	0.529	0.55	0.486	0.322	0.57	0.53	0.62	0.626	0.299	-0.01	0.24	0.707	0.731	0.674
Glicina							0.611	0.16	0.499	0.66	0.567	0.309	0.69	0.61	0.576	0.603	0.266	-0.18	0.32	0.751	0.69	0.764
Treonina								0.38	0.728	0.66	0.592	0.163	0.73	0.58	0.743	0.685	0.223	0.075	0.1	0.826	0.794	0.824
Metionina									0.431	0.25	0.161	0.134	0.34	-0.15	0.266	0.317	0.098	0.155	-0.1	0.358	0.299	0.382
Alanina										0.42	0.547	0.126	0.65	0.44	0.69	0.71	0.216	0.015	0.06	0.761	0.718	0.764
Arginina											0.494	0.319	0.61	0.51	0.554	0.538	0.416	0.107	0.13	0.719	0.7	0.71
Tirosina												0.26	0.7	0.6	0.726	0.794	0.147	0.003	0.2	0.757	0.715	0.761
Trp													0.23	0.21	0.238	0.207	0.253	0.071	0.14	0.336	0.345	0.321
Valina														0.66	0.885	0.854	0.294	-0.02	0.3	0.9	0.898	0.875
Fenilalanina															0.69	0.689	0.059	-0.12	0.32	0.699	0.737	0.657
Isoleucina																0.924	0.194	-0.04	0.28	0.907	0.893	0.89
Leucina																	0.194	-0.04	0.28	0.907	0.893	0.89
Lisina																		0.232	0.16	0.387	0.484	0.319
Hidroxi-prolina																			0.05	0.033	0.039	0.028
Prolina																				0.316	0.303	0.315
aa totales																					0.968	0.99
aa esencial																						0.922

■ aminoácidos esenciales; ■ coef. de correlación >0,7; ■ 0,6<coef. de correlación <0,7 (p<0,01)

Tabla IV.3.4.d.1 Coeficientes de correlación lineal de los aminoácidos correspondientes a todos los cultivares analizados

Tal como se observa para las variedades anteriores al comparar todos los cultivares se observa que existe una relación positiva entre el contenido de los aminoácidos esenciales y los no esenciales (Tabla IV.3.4.d.2).

Discusión

En los tres cultivares analizados se observa que la cisteína se relaciona positivamente con el aminoácido metionina, ambos azufrados y cuando observamos los coeficientes de correlación de los cultivares totales el valor es mayor a 0,6 ($p < 0,01$).

En el caso del ácido glutámico, en los tres cultivares, se observó una relación con serina, glicina, treonina, valina, isoleucina, aminoácidos totales, esenciales y no esenciales, mientras que en los cultivares A8000 y DM4800 también coincidían además en la relación con tirosina y fenilalanina. El total de los cultivares mantienen estas relaciones.

La serina en los tres casos correlaciona con glicina, treonina y fenilalanina, así como con aminoácidos totales, esenciales y no esenciales, relación que se mantiene para todos los cultivares. La histidina correlaciona positivamente en los cultivares A8000 y A6445 con la alanina, no así en el cultivar DM4800 y al analizar el total de los cultivares se observa una correlación positiva con los aminoácidos esenciales.

Tanto en los tres analizados independientemente como en el total de cultivares, la valina se relaciona linealmente con la isoleucina y la leucina, a su vez la fenilalanina lo hace con la leucina.

Cuando el contenido de isoleucina aumenta, tanto en los tres cultivares analizados como en el total de cultivares, también lo hace el contenido de leucina y como es de esperar el de los aminoácidos esenciales.

En todos los casos se encontró una relación entre los aminoácidos esenciales y no esenciales.

Por lo tanto podemos decir que existe relación lineal positiva entre ciertos aminoácidos que constituyen la semilla de soja sembrada en la Argentina, información no encontrada en bibliografía.



Conclusiones

Ítem V

V. CONCLUSIONES

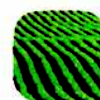
- ✚ Se obtuvo un panorama de las características fenotípicas peso y color, así como del perfil de aminoácidos de un número importante de genotipos sembrados en Argentina entre los años 2001-2004.
- ✚ Se determinó que en pocas variedades el parámetro peso de semilla fue mayor o menor cualquiera fuere la localidad donde se sembraron. En la mayoría de los genotipos se deben seleccionar la o las localidades en función del peso de semillas según el propósito productivo.
- ✚ Existe una tendencia que mostraría que las siembras más tardías, producirían semillas con mayores pesos. El estudio de este factor, unido a las variables meteorológicas debería profundizarse para contar con mayores herramientas de predicción del peso de semilla.
- ✚ Se establecieron cuatro grupos de cultivares de acuerdo al peso.
 - Los cultivares A3901, DM3100, DM4600, DM4800, en la localidad de Bellocq y DM4800 en la localidad de Daireaux, ambas en la Provincia de Buenos Aires, presentaron los pesos de semilla mayores.
 - Los cultivares A3901, A4303 sembrados en Manfredi, Provincia de Córdoba y A5409 sembrado en Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos presentaron los menores pesos.
- ✚ Se observó que existía un número más importante de variedades, que lo observado para peso, donde el comportamiento del color (más claro o más oscuro) era independiente de la localidad.
- ✚ Se establecieron cuatro grupos de acuerdo al color de semilla.
 - Los genotipos comerciales sembrados en Argentina resultaron de color más claro que las variedades exóticas que se sembraron con el fin de mejorar cualidades específicas del germoplasma existente.
 - Los cultivares DM3100, DM4600 y DM4800 sembrados en Bellocq y DM4800 en Daireaux resultaron tener semillas mas claras.
- ✚ Se puso a punto y validó la metodología para la determinación de aminoácidos en la semilla de soja.

- ✚ Se determinó el perfil de aminoácidos de las variedades comerciales sembradas en Argentina, A5520, A6445, A7636, A8000, DM3100, DM3700, DM4400, DM4600, DM4800 y de variedades exóticas.
 - Los cultivares DM3100, DM4600 y DM4800 alcanzaron valores de aminoácidos totales del orden de 40gr/100gr de soja.
 - Los genotipos comerciales sembrados durante el período 2001-2004 mostraron un incremento en el contenido de proteína y aceite, así como también en las concentraciones individuales de aminoácidos con respecto a valores de la década anterior. En dichas variedades se notó un aumento en la concentración de aminoácidos esenciales en general y de azufrados en particular lo que incrementaría el valor nutricional y contribuiría a incrementar las propiedades funcionales de los alimentos elaborados a partir de estas semillas.
 - Al analizar el germoplasma exótico se observó que el perfil de aminoácidos resultaba más alto y particularmente las concentraciones de los aminoácidos esenciales.
- ✚ Se evidenció la importancia de las variables climáticas sobre el contenido de los aminoácidos, observándose que en la mayoría de los casos la concentración de aminoácidos dependía de la temperatura durante el llenado de los granos, de la disponibilidad hídrica y en ciertos casos de ambos factores en forma lineal o cuadrática dependiendo del aminoácido en cuestión.
- ✚ Se observó en los cultivares analizados relaciones lineales entre varios aminoácidos. Destacándose las relaciones de la concentración del ácido glutámico y de la serina con varios aminoácidos.
- ✚ En todos los cultivares analizados se observa una relación lineal entre el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales.
- ✚ Al integrar los resultados obtenidos en este estudio con el fin de seleccionar las variedades mas promisorias para la producción de tofu y brotes de soja, se pudo concluir que los cultivares DM3100, DM4600 y DM4800 sembrados en Bellocq y DM4800 sembrado en Daireaux serían

los más adecuados para estudiar la producción de tofu de alta calidad, dada sus características de peso, color y concentración de aminoácidos. Por otra parte los cultivares A3901, A4303 sembrados en Manfredi y A5409 en Concepción del Uruguay resultaron los más convenientes para la producción de brotes de soja.



El conocer las características fenotípicas y bioquímicas del germoplasma sembrado en Argentina así como su comportamiento frente a distintas variables ambientales es una herramienta útil, porque se dispone de datos objetivos de variedades comerciales y de aquellas que se incorporan para el mejoramiento y selección de nuevas variedades, permitiendo comparar entre ellas y por otra parte sirven para implementar estrategias productivas, tales como seleccionar germoplasma con características tecnológicas específicas, para la producción de brotes de soja o elaboración de tofu.



Bibliografía

Ítem VI

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirrezábal, L. A. N., Lavaud, Y., Dosio, G. A. A., Izquierdo, N. G., Andrade, F. H., and González, L. M. (2003). Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. *Crop Science* 43, pp. 152-161.
- Alimentación, sana. (2009). El tofu.
www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/tofu.htm. (Acceso Junio, 2009).
- Allred, C. D., Allred, K. F., Ju, Y. H., Clausen, L. M., Doerge, D. R., Schantz, S. L., Korol, D. L., Wallig, M. A., and Helferich, W. G. (2003). Dietary genistein results in larger MNU-induced, estrogen-dependent mammary tumors following ovariectomy of Sprague-Dawley rats. *Oxford Journals, Carcinogenesis* 25, pp. 211 - 218.
- Allred, C. D., Allred, K. F., Ju, Y. H., Goepfing, T. S., Doerge, D. R., and Helferich, W. G. (2004). Soy processing influences growth of estrogen-dependent breast cancer tumors. *Oxford Journals, Carcinogenesis* 25, pp. 1649 - 1657.
- Alt, B. J., Fehr, W. R., and Welke, G. A. (2002). Selection for large seed and high protein in two- and three-parent soybean populations. *Crop Science* 42, pp. 1876-1881.
- Baigorri, H. (2003). Desarrollo y crecimiento de cultivares de soja en función de la fecha de siembra y su importancia en la recomendación de manejo. *SOJA-Actualización 2003*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Marcos Juárez. Información para Extensión N° 81, pp. 243-263.
- Baigorri, H., and Pereyra, V. (2002). El INTA y el desarrollo de la soja en la Argentina. In "II Congreso Brasileiro de Soja y Mercosoja 2002". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Foz do Iguazú, Brasil. pp. 19-23.
- Baigorri, H. E., Ghida Daza, C., Cuniberti, M., Herrero, R., Aragón, J., de Vallone, S., Salines, L., Guillín, E., Kloster, A., Diaz Zorita, M., Melchiori, R., Peticari, A., Bragachini, M., Von Martini, A., and Méndez, A. (2002). Evolución y perspectiva de la producción y de la investigación en soja en Argentina. In "Anais do II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja 2002". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Foz do Iguazú, Brasil, pp. 84-95.
- Baigorri, H. E. J. (2004). Criterios para la elección y el manejo de cultivares de soja. *SOJA-Actualización 2004*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Información para Extensión N° 89, pp.1-21.

- Baize, J. (2009). The year in numbers. Overview of the global oilseed markets. In "Annual Meeting National Cottonseed Products Association". Santa Fe, New Mexico. www.cottonseed.com. (Acceso abril 2009).
- Barnes, S., Grubbs, C., Setchell, K. D., and Carlson, J. (1990). Soybeans inhibit mammary tumors in models of breast cancer. *Carcinogenesis Advance* 347, pp. 239 - 253.
- Bates, R. P., and Matthews, R. F. (1975). Ascorbic acid and beta-carotene in soybeans as influenced by maturity, sprouting processing and storage. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 88, pp. 266-271.
- Benitez, E. R., Funatsuki, H., Kaneko, Y., Matsuzawa, Y., Bang, S. W., and Takahashi, R. (2004). Soybean maturity gene effects on seed coat pigmentation and cracking in response to low temperatures. *Crop Science* 44, pp. 2038-2042.
- Bennett, J. O. (2005a). Introduction and overview of soybean proteins, oil, carbohydrates, and secondary metabolites. In "Soybean seed components as affected by nodal position, environmental conditions, and irrigation", University of Missouri-Columbia, Missouri-Columbia. Chapter 1, pp. 1-12.
- Bennett, J. O. (2005b). Long-term study of environmental effects on soybean seed composition. In "Soybean seed components as affected by nodal position, environmental conditions, and irrigation", University of Missouri-Columbia. Missouri-Columbia. Chapter 4, pp. 57-75.
- Bennett, J. O. (2005c). Positional effect on protein content and composition of soybeans. In "Soybean seed components as affected by nodal position, environmental conditions, and irrigation", University of Missouri-Columbia. Missouri-Columbia. Chapter 2, pp. 13-32.
- Bhardwaj, H. L., Bhagsari, A. S., Joshi, J. M., Rangappa, M., Sapra, V. T., and Rao, M. S. S. (1999). Yield and Quality of Soymilk and Tofu Made from Soybean Genotypes Grown at Four Locations. *Crop science* 39, pp. 401-405.
- Bhullar, S. S., and Jenner, C. F. (1985). Differential responses to high temperatures of starch and nitrogen accumulation in the grain of four cultivars of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 12, pp. 363-375.
- Boerma, H. R., and Specht, J. E., eds. (2004). "Soybeans: Improvement, production, and uses. Third Edition," 16. American Society of Agronomy. www.books.google.com.ar. (Acceso Mayo, 2009).
- Borrás, L., Slafer, G. A., and Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research* 86, pp. 131-146.

- Brevedan, R. E., and Egli, D. B. (2003). Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. *Crop Science* 43, pp. 2083-2088.
- Britz, S. J., Kremer, D. F., and Kenworthy, W. J. (2008). Tocopherols in soybean seeds: Genetic variation and environmental effects in field-grown crops. *Journal of American Oil Chemists' Society* 85, pp. 931-936.
- Brown, S. L. (2006a). Literature Review. In "The effect of environment on seed composition of tofu and natto soybean cultivars". University of Missouri, Columbia. Chapter I. pp. 1-29.
- Brown, S. L. (2006b). Planting date effects on soybean seed composition. In "The effect of environment on seed composition of tofu and natto soybean cultivars". Missouri, Columbia. Chapter II. pp. 21-41.
- Brown, S. L. (2006c). Location effects on soybean seed composition. In "The effect of environment on seed composition of tofu and natto soybean cultivars". Missouri, Columbia. Chapter III. pp. 42-64.
- Burton, J. W. (1997). Soyabean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Field Crops Research* 53, pp. 171-186.
- Burton, J. W., Carter, T. E. J., and Wilson, R. F. (1999). Registration of "Prolina" soybean. *Crop Science* 39, pp. 294-295.
- Burton, J. W., and Wilson, R. F. (1994). Registration of N88--480, a soybean germoplasm line with a high concentration of oil in seeds. *Crop Science* 34, pp. 313-314.
- Burton, J. W., and Wilson, R. F. (2006). Registration of 'NC-Raleigh' Soybean. *Crop Science* 46, pp. 2710-2711.
- Calvert, H. E., Lalonde, M., Bhuvaneswari, T. V., and Bauer, W. D. (1978). Role of lectins in plant--microorganism interactions. IV. Ultrastructural localization of soybean lectin binding sites of *Rhizobium japonicum*. *Canadian Journal of Microbiology* 24, pp. 785-93.
- Calvo Aldea, D. (2003). La soja: valor dietético y nutricional. Curso: Equilibrio alimentario en los escolares. www.diodora.com/documentos/nutricion_soja. (Acceso Mayo, 2009).
- Calvo, C., Salvador, A., and Fiszman, S. M. (2001). Influence of colour intensity on the perception of colour and sweetness in various fruit-flavoured yoghurts. *European Food Research and Technology* 213, pp. 99-103.

- Carlson, J. B., and Lersten, N. R. (2004). Reproductive morphology. In "Soybeans: Improvement, Production, and Uses" (B. R. H. a. S. J.E., ed.), American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. pp. 62-93.
- Carrao-Panizzi, M. C., and Erhan, A. Z. (2007). Environmental and genetic variation of soybean tocopherol content under Brazilian growing conditions. *Journal of American Oil Chemists' Society* 84, pp. 921-928.
- Carrera, C., Martinez, M. J., Dardanelli, J., and Balzarini, M. (2009). Water deficit effect on the relationship between temperature during the seed fill period and soybean seed oil and protein concentrations. *Crop Science* 49, pp. 1-9.
- Carroll, K. K., y Kurowska, E. M. (1995). Soy consumption and cholesterol reduction: review of animal and human studies. *The Journal of Nutrition* 125, pp. 594S-597S.
- Casassa, F., and Sari, S. (2006). Aplicación del sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. In "Revista de Enología N° III". pp. 1-10.
- Casini, C., Rodríguez, J. C., and Cabral, G. (2005). Poscosecha. Estructura del grano de soja. In "SOJA: Eficiencia de cosecha y costosecha" (M. Bragachini and C. Casini, eds.), Cap. 3, pp. 191. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-PRCOP, Buenos Aires.
- Chen, P. (2006). Developing high-quality identity-preserved soybeans for the specialty soyfood market. In "International Buyer's Guide " (The United States Soybean Export Council, ed.), Chapter 3, pp. 23-31.
- Cheng, Y., Shimizu, N., and Kimura, T. (2005). The viscoelastic properties of soybean curd (tofu) as affected by soymilk concentration and type of coagulant. *International Journal of Food Science & Technology* 40, pp. 385 - 390.
- Chung, J., Babka, H. L., Graef, G. L., Staswick, P. E., Lee, D. J., Cregan, P. B., Shoemaker, R. C., and Specht, J. E. (2003). The seed protein, oil, and yield QTL on soybean linkage group I. *Crop Science* 43, pp. 1053-1067.
- Collins, F. I., and Cartter, J. L. (1956). Variability in chemical composition of seed from different portions of the soybean plant. *Agronomy Journal* 48, pp. 216-219.
- Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., Zancato, M., Costa, C. V. L., and Allegri, G. (2006). Protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in legume seeds. *Food Chemistry* 103, pp. 657-661.

- Cuniberti, M., and Herrero, R. (2006). "Factores que influyen en el contenido de proteína y aceite en la soja argentina." INTA Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. pp, 1-8.
- Cuniberti, M., Rossi, R., Herrero, R., and Ferrari, B. (2005). SOJA Eficiencia de cosecha y postcosecha. In "Calidad industrial de la soja en Argentina" (M. Bragachini and C. Casini, eds.), 3, pp. 240-248. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- PRECOP, Buenos Aires.
- Cuniberti, M. B., Herrero, R., and Baigorri, H. (2004). "Soja y Nutrición: El cultivo de soja en la Argentina", Buenos Aires, pp. 6-8.
- Cuniberti, M. B., Herrero, R. M., Baigorri, H. E., Croato, D., Masiero, B., Parra, R., Vicentini, R., and Piatt, F. (2000). Effect of planting dates and latitudes on the industrial quality of the argentine soybean. In " Third International Soybean Processing and Utilization Conference (ISPUC-III)", Tsukuba-Japón, pp. 108-109.
- Da Veiga, A. (2005). SOJA Eficiencia de cosecha y postcosecha. In "Proyecto de eficiencia de cosecha y postcosecha" (M. Bragachini and C. Casini, eds.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- PRECOP, Buenos Aires. Capítulo 3, pp. 9-24.
- Dana, W., and Ivo, W. (2008). Computer image analysis of seed shape and seed color for flax cultivar description. *Computers and Electronics in Agriculture* 61, pp. 126-135.
- Dardanelli, J. (2006). Relación Proteína vs Temperatura media del período R5-R7 de GM III al VIII desde Salta (25° Latitud Sur) a Balcarce (38° LS) FS de diciembre y febrero. Relación de Piper and Boote (1999), USA. In Factores ambientales y genéticos que influyen en el contenido de proteína de la soja argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Manfredi, Córdoba. Comunicación personal.
- Dardanelli, J. L., Balzarini, M., Martínez, M. J., Cuniberti, M., Resnik, S., Ramunda, S. F., Herrero, R., and Baigorri, H. (2006). Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. *Crop Science* 46, pp. 1939-1947.
- De Leo, F., Volpicella, M., Licciulli, F., Liuni, S., Gallerani, R., and Ceci, L. R. (2002). Plant-Pls: a database for plant protease inhibitors and their genes. *Nucleic Acids Research* 30, pp. 357-348.
- De Ronde, J. A., Cress, W. A., and J., v. S. (2001). Interaction of osmotic and temperature stress on transgenic soybean. *South African Journal of Botany* 67, pp. 655-660.

- Della Valle, C., y Begenesic, F. (2002). "El Quinquenio de la soja transgénica." Ministerio de la Producción. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Buenos Aires, pp. 2-22.
- Derbyshire, E., Wright, D. J., and Boulter, D. (1976). Legumin and vicilin, storage proteins of legume seeds. *Phytochemistry* 15, pp. 3-24.
- Díaz Zorita, M. (2009). 7 pasos para rendir al máximo. In "XII Jornada de Actualización Técnica en Soja en Pergamino". Semillero Don Mario, Pergamino. www.donmario.com.
- Dimitri M.J. 1980. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Descripción de las Plantas Cultivadas 1, pp. 526-527. Editorial ACME, Buenos Aires.
- Directorate, E. (2001). Consensus document on compositional considerations for new varieties of soybean: key food and feed nutrients and anti-nutrients. (E. H. a. S. Division, ed.) 2, pp. 1-30. OECD Environmental Health and Safety Publications.
- Dodor, D. E., and Alitabatabai, M. (2003). Effect of cropping systems on phosphatases in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166, pp. 7-13.
- Dornbos, D. L., and Mullen, R. E. (1991). Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 69, pp. 228-231.
- Duranti, M., and Gius, C. (1997). Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Research* 53, pp. 31-45.
- Duranti, M., Lovati, M. R., Dani, V., Barbiroli, A., Scarafoni, A., Castiglioni, S., Ponzzone, C., and Morazzoni, P. (2004). The α -subunit from soybean 7S globulin lowers plasma lipids and upregulates liver β -VLDL receptors in rats fed a hypercholesterolemic diet. *Journal of Nutrition* 134, pp. 1334-1339.
- Edwards, C. G., Englar, J. W., Brown, C. R, Peterson, J. C., and Sorensen, E. J. (2002). Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. *American Journal of Potato Research* 79, pp. 49-53.
- Egli, D. B., and Bruening, W. P. (2004). Water stress, photosynthesis, seed sucrose levels and seed growth in soybean. *Journal of Agricultural Science* 142, pp. 1-8.
- Egli, D. B., Leggett, J. E., and Wood, J. M. (1978). Influence of soybean seed size and position on the rate and duration of filling. *Agronomy Journal* 70, pp. 127-130.
- Egli, D. B., and Wardlaw, I. F. (1980). Temperature response of seed growth characteristics of soybeans. *Agronomy Journal* 72, pp. 560-564.

- Egli, D. B., Wiralaga, R. A., and Ramseur, E. L. (1987). Variation in seed size in soybean. *American Society of Agronomy* 79, pp. 463-467.
- Endres, J. G. (2001a). Importance of soy protein products. In "Soy Protein Products: Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization" (J. G. Endres, ed.), Chapter 1, pp. 1-46. American Oil Chemists` Society Press and the Soy Protein Council.
- Endres, J. G. (2001b). Protein quality and human nutrition. In "Soy Protein Products: Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization" (J. G. Endres, ed.), Chapter 3, pp. 10-20. American Oil Chemists` Society Press and the Soy Protein Council.
- Escalante, E. E., and Wilcox, J. R. (1993). Variation in seed protein among nodes of normal- and high-protein soybean genotypes. *Crop Science* 33, pp. 1164-1166.
- Etzler, M. E. (1985). Plant lectins: molecular and biological aspects. *Annual Review of Plant Physiology* 36, pp. 209-234.
- Facultad de Ingeniería, F. d. (2009). Comparación de procesos típicos de preparación de semillas. In "Universidad de la República" (M. P.-. Preparaci\363n.ppt, ed.), Montevideo, Uruguay). (Acceso Julio, 2009).
www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/industria/preparacion.pdf.
- FAO/WHO (1991). Expert Consultation. Protein quality evaluation. In "FAO/WHO Nutritional Meetings". Rome, Italy. Food and Agriculture Organization/World Health Organization. Report Series 51, pp. 1-37.
- Fehr, W. R., and Caviness, C. E. (1977). "Stages of soybean development." Iowa State University of Science and Technology, Iowa. pp. 11.
- Fehr, W. R., Hoeck, J. A., Johnson, S. L., Murphy, P. A., Nott, J. D., Padilla, G. I., and Welke, G. A. (2003). Genotype and environment influence on protein components of soybean. *Crop Science* 43, pp. 511-514.
- Ferraris, G. N., and Couretot, L. A. (2009). Respuesta de la soja a la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en lotes con antecedentes de soja previa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Pergamino, www.elsitioagricola.com. (Acceso Diciembre, 2009).
- Ferris, R., Wheeler, T. R., Hadley, P., and Ellis, R. H. (1998). Recovery of photosynthesis after environmental stress in soybean grown under elevated CO₂. *Crop Science* 38, pp. 948-955.
- FIUBA (2005). 70.31 Información Rural, Departamento de Agrimensura. www.fi.uba.ar/materias/7031/. (Acceso Diciembre, 2008).

- Fleming, S. E. (1981). A study of relationships between flatus potential and carbohydrate distribution in legume seeds. *Journal of Food Science* 46, pp. 794-798.
- Franco, D. (2005). "Aceite de soja. Análisis de cadena alimentaria" Dirección Nacional de Alimentos. Ministerio de Economía y Producción , Sector Oleaginosos, Republica Argentina, pp.1-5.
- Friedman, M. (1996). Nutritional value of proteins from different food sources: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, pp. 6-29.
- Friedman, M., y Brandon, D. L. (2001). Nutritional and health benefits of soy proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, pp 1069-1086.
- Friedman, M., and Cuq, J. L. (1988). Chemistry, analysis, nutritional value, and toxicology of tryptophan in food. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36, pp. 1079-1093.
- Fukutoku, Y., and Yamada, Y. (1981). Sources of proline-nitrogen in water-stressed soybean (*Glycine max* L.) I. Protein metabolism and proline accumulation. *Plant and Cell Physiology* 22, pp. 1387-1404.
- Genta, M. L., and Alvarez, N. (2006). "El complejo soja," Rep. No. 1668-9178. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán San Miguel de Tucumán. pp. 1-10.
- Gibbs, B. F., Zougman, A., Masse, R., and Mulligan, C. (2004). Production and characterization of bioactive peptides from soy hydrolysate and soy-fermented food. *Food Research International* 37, pp. 123-131.
- Gibson, L. R., and Mullen, R. E. (1996). Soybean seed composition under high day and night growth temperatures *Journal of the American Oil Chemists' Society* 73, pp. 733-737.
- Gomez, R. P., ed. (1981). "A Soja." Livraria Nobel S/A. Sao Paulo, pp.12.
- Good, A. G., and Zaplachinski, S. T. (2006). The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum* 90, pp. 9-14.
- Good, H. (2009). "Color measurement of cereal and cereal products." HunterLab, Reston, Virginia. www.hunterlab.com/pdf/A5Cereal.pdf. (Acceso Octubre, 2009)

- Goodman, R. E., Hefle, S. L., Taylor, S. L., and van Ree, R. (2005). Assessing genetically modified crops to minimize the risk of increased food allergy: a review. *International Archives of Allergy and Immunology* 137, pp. 153-166.
- Gregorini, J. C. (2003). Comentarios sobre el grano de soja y sus derivados. In "Mundo Soja" (M. Abiatte, ed.). <http://www.galeon.com/mundosoja/gregorini.htm>. (Acceso Mayo, 2009)
- Grieshop, C. M., and Fahey, G. C. (2001). Comparison of quality characteristics of soybeans from Brazil, China, and the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, pp. 2669-2673.
- Gudynas, E. (2007). "La soja en el 2008: Perspectivas bajo nuevos contextos productivos, sociales y ambientales." CLAES - Centro Latino Americano de Ecología Social - D3E - Desarrollo, Economía, Ecología, Equidad América Latina. www.monocultivos.com.
- Gupta, S., Patil, S., Kulkarni, A., and Hukkeri, Z. (2002). Classification of soybean seeds by color image analysis. Project supported by KSCST, Bangalore and the University of Agricultural Sciences, Dharwad. pp. 1-5.
- Han, B.-Z., Rombouts, F. M., and Nout, M. J. R. (2004). Amino acid profiles of sufu, a Chinese fermented soybean food. *Journal of Food Composition and Analysis* 17, pp. 689-698.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lacis, A., and Oinas, V. (2000). Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97, pp. 9875-9880.
- Heinemann, A. B., Maia, A. de H. N., Dourado-Neto, D., Ingram, K. T., and Hoogenboom, G. (2006). Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth and development response to CO₂ enrichment under different temperature regimes. *European Journal of Agronomy* 24, pp. 52-61.
- Herbalife (2009). Herbalife Tienda Online Frutos Secos de Soja Tostados. Herbalife, España. www.herbalinea.es/frutos-secos-de-soja-tostados. (Acceso Diciembre, 2009)
- Hernández-Sebastiá, C., Marsolais, F., Saravitz, C., Israel, D., Dewey, R. E., and Huber, S. C. (2005). Free amino acid profiles suggest a possible role for asparagine in the control of storage-product accumulation in developing seeds of low- and high-protein soybean lines. *Journal of Experimental Botany* 56, pp. 1951-1963.
- Herrero, R., Cuniberti, M., Masiero, B., and Kovalevski, L. (2006). - Variabilidad en la calidad industrial de la soja argentina según regiones, épocas de siembra y

- grupos de madurez. In " Mercosoja'06". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Rosario. T53, pp.1-4.
- Hofstra, G. (1972). Response of soybeans to temperature under high light intensities. *Canadian Journal Plant Science* 52, pp. 535-543.
- Hsu, F. C., Bennett, A. B., and Spanswick, R. M. (1984). Concentrations of sucrose and nitrogenous compounds in the apoplast of developing soybean seed coats and embryos. *Plant Physiology* 75, pp. 181-186.
- Hymowitz, T., and Shurtleff, W. R. (2005). Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature. *Crop Science* 45, pp. 473-476.
- Ilieva, A., and Radeva, V. (2001). Changes in amino acid composition and content of plastid pigments in alfalfa regenerant lines under the Influence of drought. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 7, pp. 175-178.
- ILSI (2009). International Life Sciences Institute. In "Crop Composition Database Vesion 3.0". International Life Sciences Institute. www.cropcomposition.org.
- Jenner, C. F., Ugalde, T. D., and, Aspinall, D., (1991). The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian journal of plant physiology* 18, pp. 211-226.
- Ju, Y. H., Allred, K. F., Allred, C. D., and Helferich, W. G. (2006). Genistein stimulates growth of human breast cancer cells in a novel, postmenopausal animal model, with low plasma estradiol concentrations. *Oxford Journals, Carcinogenesis* 27, pp. 1292 - 1299.
- Kantolic, A. G. (2003). "Bases funcionales de la determinación del rendimiento y manejo del cultivo de la soja," Ed. SEMA. /Ed. E.Satorre, pp. 32-36.
- Karr-Lilienthal, L. K., Grieshop, C. M., Merchen, N. R., Mahan, D. C., and Fahey, G. C. (2004). Chemical composition and protein quality comparisons of soybeans and soybean meals from five leading soybean-producing countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, pp. 6193-6199.
- Karr-Lilienthal, L. K., Grieshop, C. M., Spears, J. K., and Fahey, G. C. (2005). Amino acid, carbohydrate, and fat composition of soybean meals prepared at 55 commercial U.S. soybean processing plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, pp. 2146-2150.
- Keith, B. C., and Delouche, J. C. (1998). Seed Quality, production and treatment. In "Soybean production in the midsouth" (L. G. Heatherly and H. F. Hodges, eds.), pp. 207-208. Mississippi State University. Libros de Google, consultado Septiembre 2009. www.books.google.com.ar.

- Kelly, K.L. (1943). Color designations for lights. *Journal of the Optical Society of America* 33, 627-631.
- Kennedy, A. R. (1995). The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *Journal of Nutrition*, pp. 733S-742S.
- Kim, M. K., Kim, J. H., Nam, S. J., Ryu, S., and Kong, G. (2008). Dietary Intake of soy protein and tofu in association with breast cancer risk based on a case-control study *Nutrition and Cancer* 60, 568-576.
- Kitamura, K. (1995). Genetic improvement of nutritional and food processing quality in soybean. *Japanese Agricultural Research Quarterly* 29, pp. 1-8.
- Kocsy, G., Szalai, G., and Galiba, G. (2002). Effect of heat stress on glutathione biosynthesis in wheat. *Acta Biologica Szegediensis* 46, pp.3-4.
- Kohyama, K., Murata, M., Tani, F., Sano, Y., and Doi, E. (1995). Effects of protein composition on gelation of mixtures containing soybean 7S and 11S globulins. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 59, pp. 240-245.
- Kong, F., and Chang, S. K. C. (2009). Statistical and kinetic studies of the changes in soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. *Journal of Food Science* 74, S81-S89.
- Kong, F., Chang, S. K. C., Liu, Z., and Wilson, L. A. (2008). Changes of soybean quality during storage as related to soymilk and tofu making. *Journal of Food Science* 73, S134-S144.
- Korhonen, H., and Pihlanto, A. (2003). Food-derived bioactive peptides-opportunities for designing future foods. *Current Pharmaceutical Design* 9, pp. 1297-1308.
- Kornegay, E. T. (1996). Nutritional, environmental, and economic considerations for using phytase in pig and poultry diets. In "Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment" (E. T. Kornegay, ed.), pp. 277-303. *Levin Publishers*.
- Krishnan, H. B. (2000). Biochemistry and molecular biology of soybean seed storage proteins. *Journal of New Seeds* 2, pp. 1-25.
- Krishnan, H. B. (2005). Engineering soybean for enhanced sulfur amino acid content. *Crop Science* 45, pp. 454-461.
- Krishnan, H. B., Bennet, J. O., Kim, W. S., Krishnan, A. H., and Mawhinney, T. P. (2005). Nitrogen lowers the sulfur amino acid content of soybean (*Glycine max*

- [L.] Merr.) by regulating the accumulation of Bowman-Birk protease inhibitor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, pp. 6347-6354.
- Krishnan, H. B., Natarajan, S. S., Mahmoud, A. A., and Nelson, R. L. (2007). Identification of glycinin and β -conglycinin subunits that contribute to the increased protein content of high-protein soybean lines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, pp. 1839-1845.
- Kumar, V., Rani, A., Kumar Dixit, A., Bhatnagar, D., and Chauhan, G. S. (2009). Relative changes in tocopherols, isoflavones, total phenolic content, and antioxidative activity in soybean seeds at different reproductive stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, pp. 2705-2710.
- Kumar, V., Rani, A., Pandey, V., and Chauhan, G. S. (2006a). Changes in lipoxygenase isozymes and trypsin inhibitor activity in soybean during germination at different temperatures. *Food Chemistry* 99, pp. 563-568.
- Kumar, V., Rani, A., Solanki, S., and Hussain, S. M. (2006b). Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, pp. 188-195.
- Lallés, J. P. (1993). Nutritional and antinutritional aspects of soyabean and field pea proteins used in veal calf production: a review. *Livestock Production Science* 34, pp. 181-202.
- Lazcano-Ferrat, I., and Lovatt, C. J. (1999). Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* A. Gray during water deficit. *Crop Science* 39, pp. 467-475.
- Lersten, N. R., and Carlson, J. B. (2004). Vegetative morphology. In "Soybeans: Improvements, Production, and Uses" (B. R. H. a. S. J.E., ed.), 16, pp. 16-54. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Li, W.-X., Ning, H.-L., Li, W.-B., and Lü, W.-H. (2006). Developmental genetic analysis of seed size in soybean (*Glycine max*). *Acta Genética Sinica* 33, pp. 746-756.
- Liener, I. E. (1994). Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34, pp. 31-67.
- Liener, I. E., Sharon, N., and Goldstein, I. J. (1986). "The Lectins: properties, functions, and applications in biology and medicine" Academic Press, Orlando (USA).

- Lindstrom, J. T., and Vodkin, L. O. (1991). A soybean cell wall protein is affected by seed color genotype. *The Plant Cell* 3, pp. 561-571.
- Liu, C.-F., Hu, C.-L., Chang, S.-S., Tseng, K.-C., Yu, R.-C., and Pan, T.-M.-. (2009). Beneficial preventive Effects of gastric mucosal lesion for soy-skim milk fermented by lactic acid bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, pp. 4433-4438.
- Liu, K. (2004). Soybeans as a powerhouse of nutrients and phytochemicals. In "Soybeans as functional foods and ingredients " (K. Liu, ed.), Chapter 1, pp. 1-22. American Oil Chemists' Society Press.
- Liu, K. S. (1999). Biological and compositional changes during soybean maturation, storage, and germination. In "Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization", pp. 114-133. Aspen Publishers, Inc.
- Liu, K. S., Orthoefer, F., and Brown, E. A. (1994). Association of seed size with genotypic variation in the chemical constituents of soybeans. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 72, pp. 189-192.
- Liu, X., Jin, J., Wang, G., and Herbert, S. J. (2008). Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. *Field Crops Research* 105, pp. 157-171.
- Loris, R., Hamelryck, T., Bouckaert, J., and Wyns, L. (1998). Legume lectin structure. *Biochimica et Biophysica Acta* 1383, pp. 9-36.
- Mao, L.-C., Lee, K.-H., and Erbersdobler, H. F. (1993). Effects of heat treatment on lysine in soya protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 62, pp. 307-309.
- Maestri, D. M., Labuckas, D. O., Guzmán, C. A., and Giorda, L. M. (1998). Correlation between seed size, protein and oil contents, and fatty acid composition in soybean genotypes. *Grasas y Aceites* 49, pp. 450-453.
- Maltais, A., Remondetto, G. E., and Subirade, M. (2008). Mechanisms involved in the formation and structure of soya protein cold-set gels: a molecular and supramolecular investigation. *Food Hydrocolloids* 22, pp 550-559.
- Mariotti, F., Mahé, S., Benamouzig, R., Luengo, C., Daré, S., Gaudichon, C., and Tomé, D. (1999). Nutritional value of [15N]-soy protein isolate assessed from ileal digestibility and postprandial protein utilization in humans. *The Journal of Nutrition*, pp.1992-1997.
- Martínez-Villaluenga, C., Kuo, Y. -H., Lambein, F., Frías, J., and Vidal-Valverde, C. (2006). Kinetics of free protein amino acids, free non-protein amino acids and

trigonelline in soybean (*Glycine max* L.) and lupin (*Lupinus angustifolius* L.) sprouts. *European Food Research and Technology* 224, pp. 177-186.

Martínez Augustin, O., and Martínez de Victoria Muñoz, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición hospitalaria* 21, pp. 1-14.

Maruyama, N., Mun, L. C., Tatsuhara, M., Sawada, M., Ishimoto, M., and Utsumi, S. (2006a). Multiple vacuolar sorting determinants exist in soybean 11S globulin. *The Plant Cell* 18, pp. 1253-1273.

Maruyama, N., Tecson-Mendoza, E. M., Maruyama, Y., Adachi, M., and Utsumi, S. (2006b). Molecular design of soybean proteins for enhanced food quality. In "Food Biotechnology" (K. Shetty, G. Paliyath, A. Pometto and R. E. Levin, eds.), pp. 650-670. Taylor & Francis Group.

Micallef, B. J., and Shelp, B. J. (1989a). Arginine metabolism in developing soybean cotyledons: III Utilization. *Plant Physiology* 91, pp. 170-174.

Micallef, B. J., and Shelp, B. J. (1989b). Arginine metabolism in developing soybean cotyledons: I Relationship to nitrogen nutrition. *Plant Physiology* 90, pp. 624-630.

Micallef, B. J., and Shelp, B. J. (1989c). Arginine Metabolism in Developing Soybean Cotyledons: II Biosynthesis. *Plant Physiology* 90, pp. 631-634.

Min, S., Yu, Y., and ST. Martin, S. (2005). Effect of soybean varieties and growing locations on the physical and chemical properties of soymilk and tofu. *Food Chemistry and Toxicology* 70, pp. 8-12.

Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science* 11, pp. 15-19.

Mohamed, A., and Mentreddy, R. S. (2004). Vegetable soybeans as a functional food. In "Soybeans as Functional Foods and Ingredients" (K. S. Liu, ed.), Chapter 11, pp. 1-30. AOCS Press.

Mori, T., Nakamura, T., and Utsumi, S. (1982). Gelation mechanism of soybean 11S globulin: formation of soluble aggregates as transient intermediates. *Journal of Food Science* 47, pp. 26-30.

Mujoo, R., Trinh, D. T., and W., P. K. (2003). Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. *Food Chemistry* 82, pp. 265-273.

Mullin, W. J., Fregeau-Reid, J. A., Butler, M., Poysa, V., Woodrow, L., Jessop, D. B., and Raymond, D. (2001). An interlaboratory test of procedure to assess soybean

- quality for soymilk and tofu production. *Food Research International* 34, pp. 669-677.
- Nakamoto, H., Zheng, S.-H., Tanaka, K., Yamazaki, A., Furuya, T., Iwaya - Inoue, M., and Fukuyama, M. (2004). Effects of carbon dioxide enrichment during different growth periods on flowering, pod set and seed yield in soybean. *Plant Production Science* 7, pp. 11-15.
- Nakamura, T., Utsumi, S., and Mori, T. (1986). Interactions during heat-induced gelation in a mixed system of soybean 7S and 11S globulins. *Agricultural and Biological Chemistry* 50, pp. 2429-2435.
- Nakayama, F., and Martignone, R. (1989). Desarrollo de la planta y el cultivo. Cuaderno de Actualización Técnica. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola 41, pp. 13-19.
- Nayyar, H., and Walia, D. P. (2003). Water stress-induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. *Biologia Plantarum* 46, pp. 275-279.
- Nik, A. M., Tosh, S., Poysa, V., Woodrow, L., and Corredig, M. (2008). Physicochemical characterization of soymilk after step-wise centrifugation. *Food Research International* 41, 296-294.
- Noh, E. J., Park, S. Y., Pak, J. I., Hong, S. T., and Yun, S. E. (2005). Coagulation of soymilk and quality of tofu as affected by freeze treatment of soybeans. *Food Chemistry* 91, pp. 715-721.
- Olguin, M. C., Hisano, N., D'Ottavio, A. E., Zingale, M. I., Revelant, G. C., and Calderari, S. A. (2003). Nutritional and antinutritional aspects of an Argentinian soy flour assessed on weanling rats. *Journal of Food Composition and Analysis* 16, pp. 441-449.
- Olguin, M. C., Hisano, N., D'Ottavio, A. E., Zingale, M. I., Gayol, M. C., Revelant, G., Labourdette, V. B., and Calderari, S. A. (1999). Alteraciones intestinales y disminución del crecimiento en ratas prepúberes alimentadas con soja. *Medicina (Buenos Aires)* 59, pp. 747-752.
- Padgett, S. R., Taylor, N. B., Nida, D. L., Bailey, M. R., Macdonald, J., Holden, L. R., and Fuchs, R. L. (1996). The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *Journal of Nutrition* 126, pp. 702-716.
- Paek, N. C., Imsande, J., Shoemaker, R. C., and Shibbles, R. (1997). Nutritional control of soybean seed storage protein. *Crop Science* 37, pp. 498-503.

- Panthee, D. R. (2005). Genetic mapping of quantitative trait loci conditioning protein concentration and quality, and other seed characteristics in soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill). University of Tennessee, Knoxville. pp. 34-67.
- Panthee, D. R., R., P. V., Sams, C. E., Saxton, A. M., West, D. R., Orf, J. H., and Killam, A. S. (2006). Quantitative trait loci controlling sulfur amino acids, methionine and cysteine, in soybean seeds. *Theoretical and Applied Genetics* 112, pp. 546-553.
- Pedersen, P. (2004). "Soybean seed size is smaller this year." Iowa State University, Department of Agronomy. IC-492(3), pp. 17.
- Peltzer, H. F. (2006). Efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de genotipos de soja en siembra de primavera. In "Libro de actas del 3er Congreso de soja del Mercosur 2006. Ecofisiología y Climatología", pp. 5-8. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Paraná, Paraná (Entre Ríos).
- Peumans, W. J., and Van Damme, E. J. M. (1995). The role of lectins in plant defence. *The Histochemical Journal* 27, pp. 253-271.
- Piper, E. L., and Boote, K. J. (1999). Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76, pp. 1233-1241.
- Portela, M. L. P., Fernández, I., and Pallaro, A. (2006). "Metodología para determinar la calidad proteica" (La Prensa Médica Argentina ed.), Buenos Aires, pp. 373-399.
- Poysa, V., and Woodrow, L. (2002). Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. *Food Research International* 35, pp. 337-345.
- Pritchard, S. G., Rogers, H. H., Prior, S. A., and Peterson, C. M. (1999). Elevated CO₂ and plant structure: a review. *Global Change Biology* 5, pp. 807-837.
- Rackis, J. J. (1974). Biological and physiological factors in soybeans. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 51, pp. 161A-174A.
- Raggi, V. (2006). Changes in free amino acids and osmotic adjustment in leaves of water-stressed bean. *Physiologia Plantarum* 91, pp. 427-434.
- Rainbird, R. M., and Thorne, J. H. (1984). Role of amides, amino acids, and ureides in the nutrition of developing soybean seeds. *Plant Physiology* 74, pp. 329-334.

- Ray, J. D., Frittschi, F. B., and Heatherly, L. G. (2006). Large applications of fertilizer N at planting affects seed protein and oil concentration and yield in the Early Soybean Production System. *Field Crop Research* 99, 67-74.
- Ray, C. L., Shipe, E. R., and Bridges, W. C. (2008). Planting date influence on soybean agronomic traits and seed composition in modified fatty acid breeding lines. *Crop Science* 48, pp. 181-188.
- Rebollar, P. G., and Mateos, G. G. (1999). El fósforo en nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. Curso de Especialización. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Barcelona, pp. 1-20.
- Reddy, N. R., and Pierson, M. D. (1994). Reduction in antinutritional and toxic components in plant foods by fermentation: fermented foods. *Food Research International* 27, pp. 281-290.
- Ridner, E. (2006). SOJA Propiedades nutricionales y su impacto en la salud. In "Origen y difusión" (G. Q. S. A. S. A. d. Nutrición, ed.). Capítulo 1, pp. 9-10.
- Rizzo, F., and Mihura, M. (2009). 7 pasos para rendir al máximo. In "XII Jornada de Actualización Técnica en Soja". Semillero Don Mario, Pergamino. www.donmario.com.
- Robasco, I. M., Tuttolomondo, G., Salinas, A. R., and Bisaro, V. (2006). Incidencia del ambiente de producción en la calidad fisiológica de la semilla de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In "Libro de actas del 3er Congreso de soja del Mercosur 2006". pp. 42-44. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Rockland, L. B., and Radke, T. M. (1981). Legume protein quality. In "Nutrient Content of Mature Legumes and Legume Products". *Food Technology* 35, pp. 79-82. New Orleans (USA).
- Rossi, R., Siciliano, R., Rojas, A. L., and Quaine, J. (1989). Variedades. In "Cuaderno de Actualización Técnica", 41, pp. 22-40.
- Rotundo, J. L., Borrás, L., Westgate, M. E., and Orf, J. H. (2009). Relationship between assimilate supply per seed during seed filling and soybean seed composition. *Field Crops Research* 112, pp. 90-96.
- Rotundo, J. L., and Westgate, M. E. (2009). Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition *Field Crop Research* 110, pp. 147-156.
- Rubinstein, C. (2004). "Soja y nutrición: informe sobre el uso y la seguridad de la soja." ILSI ARGENTINA, Serie de Informes Especiales 1, pp. 1-68. Buenos Aires.

- Ruiz Sainz, J. E., Zhou, J. C., Rodriguez-Navarro, D.-N., Vinardell, J. M., and Thomas-Oates, J. E., eds. (2005). "Soybean cultivation and Bnf in China," Chapter 5, pp. 67-87. D. Werner and W. E. Newton Netherlands.
- Ruiz Toranzo, F. (1989). "Semilla". In "Cuaderno de Actualización Técnica N° 41: Soja", 41, pp. 41-46. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (ACREA).
- Ryan, C. A. (1990). Protease inhibitors in plants: genes for improving defenses against insects and pathogens. Annual Review of Phytopathology 28, pp. 425-449.
- Sabella, C. (2009). Noticias Biocombustibles: Exportaciones argentinas de biodiesel caen con fuerza. (Reuter, ed.), Hamburgo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. pp. 1. (Acceso Junio 2009). www.iica.int/Esp/regiones/sur/argentina/Lists/Noticias/DispForm.aspx?ID=1134.
- Sadras, V. O. (2007). Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. Field Crops Research 100, pp. 125-138.
- SAGPyA (2009a). Área sembrada con soja (*Glycine max* (Fabaceae)] en la Republica Argentina , temporada 2005-06. (G. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos, ed.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires. www.sagpya.gov.ar. (Acceso Junio, 2009).
- SAGPyA (2009b). "Estimaciones agrícolas mensuales: Cifras oficiales al 21/01/09 Campaña agrícola 2008/ 09." Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación. Buenos Aires. www.sagpya.gov.ar. (Acceso Junio, 2009).
- SAGPyA (2009c). Indicadores del sector sojero 2003/2004. In "Informes por cultivo, Granos: Oleaginosas: Soja". Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Buenos Aires. <http://www.minagri.gob.ar>. (Acceso Junio, 2009).
- SAGPyA (2009d). Mapa de los principales cultivos (Soja, ed.). Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación, Buenos Aires, Argentina. <http://www.minagri.gob.ar>. (Acceso Junio, 2009).
- Sarwar, G., Peace, R. W., Botting, H. G., and Brulé, D. (1989a). Relationship between amino acid scores and protein quality indices based on rat growth. Plant Foods for Human Nutrition 39, pp. 33-44.
- Sarwar, G., Peace, R. W., Botting, H. G., and Brulé, D. (1989b). Digestibility of protein and amino acids in selected foods as determined by a rat balance method. Plant Foods for Human Nutrition 39, pp. 23-35.

- Sathe, S. K., Kshirsagar, H. H., and Roux, K. H. (2005). Advances in seed protein research: A perspective on seed allergens. *Journal of Food Science* 70, pp. R93-R119.
- Settlage, S., Kwanyuen, P., and Wilson, R. F. (1998). Relation between diacylglycerol acyltransferase activity and oil concentration in soybean. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 75, pp. 775-781.
- Sexton, P. J., Naeve, S. L., Paek, N. C., and Shibles, R. (1998). Sulfur availability, cotyledon nitrogen: sulfur ratio, and relative abundance of seed storage proteins of soybean. *Crop Science* 38, pp. 983-986.
- Sharma, F. M., and Murphy, P. A. (2002). HPLC determination of thiamin and riboflavin in soybeans and tofu. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38, pp. 163-167.
- Sharon, N., and Lis, H. (1990). Legume lectins--a large family of homologous proteins. *The Federation of American Societies for Experimental Biology Journal* 4, pp. 3198-3208.
- Shewry, P. R., Napier, J. A., and Tatham, A. S. (1995). Seed storage proteins: structures and biosynthesis. *The Plant Cell* 7, pp. 945-956.
- Shih, M. C., Yang, K. T., and Kuo, S. J. (2002). Quality and antioxidative activity of black soybean tofu as affected by bean cultivar. *Journal of Food Science* 67, pp. 480-484.
- Shin, Z. - I., Yu, R., Park, S. A., Chung, D. K., Ahn, C. -W., Nam, H.- S., Kim, K.- S., and Lee, H. J. (2001). His-His-Leu, an angiotensin I converting enzyme inhibitory peptide derived from Korean soybean paste, exerts antihypertensive activity in vivo. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, pp. 3004-3009.
- Silva, M. S., Naves, M. M. V., B.de Oliveira, R., and S.M.Leite, O. d. (2006). "Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja." *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas 26, pp. 571-576.
- Silvertown, J. (1989). The paradox of seed size and adaptation. *Trends in Ecology & Evolution* 4, pp. 24-26.
- Simon-Sarkadi, L., Kocsy, G., Várhegyi, A., Galiba, G., and de Ronde, J. A. (2005). Genetic manipulation of proline accumulation influences the concentrations of other amino acids in soybean subjected to simultaneous drought and heat stress. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, pp. 7512-7517.
- Simon-Sarkadi, L., Kocsy, G., Várhegyi, A., Galiba, G., and De Ronde, J. A. (2006). Stress-induced changes in the free amino acid composition in transgenic

soybean plants having increased proline content. *Biologia Plantarum* 50, pp. 793-796.

Sinclair, T. R., Muchow, R. C., Bennett, J. M., and Hammond, L. C. (1987). Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation to drought in field-grown soybean. *Agronomy Journal* 79, pp. 986-991.

Sirisomboon, P., Pornchaloempong, P., and Romphophak, T. (2007). Physical properties of green soybean: Criteria for sorting. *Journal of Food Engineering* 79, pp. 18-22.

Smith, G. A., and Friedman, M. (2006). Effect of carbohydrates and heat on the amino acid composition and chemically available lysine content of casein. *Journal of Food Science* 49, pp. 817 - 820.

Smith, K. J. (2006). Genetic improvement of soybean oil. In "Biotechnology for the oils and fats industry " (C. Ratledge, P. Dawson and J. Rattray, eds.), Chapter 7, pp. 71-76. American Oil Chemists' Society, Champaign. (Acceso Noviembre 2008). www.books.google.com.ar.

Song, Y. S., Frias, J., Martínez-Villaluenga, C., Vidal-Villaverde, C., and Gonzalez de Mejia, E. (2008). Immunoreactivity reduction of soybean meal by fermentation, effect on amino acid composition and antigenicity of commercial soy products. *Food Chemistry* 108, pp. 571-581.

Soyfoods Association of North America. Soyfoods: Soy flour. In www.soyfoods.org. (Acceso Setiembre, 2008a).

Soyfoods Association of North America. Soyfoods: Soy milk. In www.soyfoods.org. (Acceso Setiembre, 2008b).

Soyfoods Association of North America. Soyfoods: Miso In www.soyfoods.org. (Acceso Setiembre, 2008c).

Soyfoods Association of North America. Soyfoods: Tempeh. In www.soyfoods.org. (Acceso Setiembre 2008d).

Specht, J. E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G. L., Chung, J., Markwell, J. P., Germann, M., Orf, J. H., and Lark, K. G. (2001). Soybean response to water: a QTL analysis of drought tolerance. *Crop Science* 41, pp. 493-509.

Srinivas, V. R., Reddy, G. B., Ahmad, N., Swaminathan, C. P., Mitra, N., and Surolia, A. (2001). Legume lectin family, the 'natural mutants of the quaternary state', provide insights into the relationship between protein stability and oligomerization. *Biochimica et Biophysica Acta* 1527, pp.102-111.

- Statistic versión 7 (2000). Copyright (C) 1985, 2000 Analytical Software. All Rights Reserved.
- Streeter, J., and Wong, P. P. (1988). Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. *Critical Reviews in Plant Sciences* 7, pp. 1-23.
- Takahashi, M., Uematsu, Y., Kashiwaba, K., Yagasaki, K., Hajika, M., Matsunaga, R., Komatsu, K., and Ishimoto, M. (2003). Accumulation of high levels of free amino acids in soybean seeds through integration of mutations conferring seed protein deficiency. *Planta* 217, pp. 577-586.
- Thakur, M., and Hurburgh, C. R. (2007). Quality of US Soybean meal compared to the quality of soybean meal from other origins. *Journal of American Oil Chemists' Society* 84, pp 835-843.
- Thorne, J. H. (1980). Kinetics of ¹⁴C-photosynthate uptake by developing soybean fruit. *Plant Physiology* 65, pp. 975-979.
- Thorne, J. H. (1981). Morphology and ultrastructure of maternal seed tissues of soybean in relation to the import of photosynthate. *Plant Physiology* 67, pp.1016-1025.
- Toda, K., Takahashi, K., Ono, T., Kitamura, K., and Nakamura, Y. (2006). Variation in the phytic acid content of soybeans and its effect on consistency of tofu made from soybean varieties with high protein content. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 212-219.
- Toledo, R. E., Moya, G., and Rubiolo, O. J. (2009). "Comportamiento de cultivares de soja según fecha de siembra en Capilla de los Remedios, Córdoba. Argentina." Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Capilla de los Remedios, Córdoba. pp. 1-3. (Acceso Setiembre, 2009). www.buscagro.com.
- Triboi, E., and Triboi-Blondel, A. M. (2002). Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem. *European Journal of Agronomy* 16, pp. 163-186.
- Troll, W., Frankel, K., and Wiesner, R. (1986). Protease inhibitors: their role as modifiers of carcinogenic processes. *Advances in experimental medicine and biology* 199, pp 153-165.
- USDA (2007). "Nuevo reporte del USDA." United States Department of Agriculture. (Acceso Julio, 2009). www.usda.gov.
- USDA (2008a). "Informe sobre Proyecciones Agrícolas." United States Department of Agriculture. (Acceso Julio, 2009). www.usda.gov.

- USDA (2008b). World soybean production 2007. (S. S. 2008, ed.). USDA, United States Department of Agriculture. (Acceso Julio, 2009). www.usda.gov.
- USDA (2008c). Major soybean importers. (E. R. Service, ed.), 429 x 353 - 5 KB -. (Acceso Julio, 2009). www.usda.gov.
- USDA (2008d). "Oilseeds: World markets and trade." United States Department of Agriculture - Foreign Agricultural Service. (Acceso Julio, 2009). www.usda.gov.
- USDA, Economic Research Service. (2009a). "Agricultural baseline projections: Global agricultural trade, 2009-2018." United States Department of Agriculture. (Acceso Octubre, 2009). www.usda.gov.
- USDA, Foreign Agricultural Service. (2009b). Table 07: Soybeans: World supply and distribution (O. W. M. a. T. M. Circular, ed.). United States Department of Agriculture (O. Crop Production, ed.). www.usda.gov.
- USDA, (2009c). Soybeans, mature seeds, raw. In "USDA National Nutrient Database for Standard Reference" (A. R. Service, ed.), NDB N° 16108. United States Department of Agriculture. Release 22. (Acceso Julio, 2009). www.usda.gov.
- Vernooy, C. D., Thorne, J. H., Lin, W., and Rainbird, R. M. (1986). Cessation of assimilate uptake in maturing soybean seeds. *Plant Physiology* 82, pp. 222-225.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Estrella, I., Gorospe, M. J., Ruiz, R., and Bacon, J. (1994). Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 42, pp. 2291-2295.
- Villamil, F. (2008). El mercado internacional de la soja. In "Mesa tecnológica de oleaginosos". Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay. "Primer encuentro uruguayo de soja". [/www.mesadeoleaginosos.org.uy/08set.php](http://www.mesadeoleaginosos.org.uy/08set.php).
- Vollmann, J., Fritz, C. N., Wagentristl, H., and Ruckenbauer, P. (2000). Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, pp. 1300-1306.
- Wang, C.-C. R., and Chang, S. K.-C. (1995). Physicochemical properties and tofu quality of soybean cultivar proto. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43, pp. 3029-3034.
- Wang, W., and González de Mejía, E. (2005). A new frontier in soy bioactive peptides that may prevent age-related chronic diseases. *Institute of Food Technologists* 4, pp. 63-78.

- Westgate, M. E., Schussler, J. R., Reicosky, D. C., and Brenner, M. L. (1989). Effect of water deficits on seed development in soybean. *Plant Physiology* 91, pp. 980-985.
- WISHH (2008). World Initiative for Soy in Human Health. In www.wishh.org. (A. S. Association, ed.). American Soybean Association, Saint Louis, Missouri, USA. (Acceso Mayo, 2008).
- White, J. W., Singh, S. P., Pino, C., Rios, M. J., and Buddenhagen, I. (1992). Effects of seed size and photoperiod response on crop growth and yield of common bean. *Field Crops Research* 28, 295-307.
- White, P. J. (2008). Fatty acids in oilseeds (Vegetable oils). In "Fatty acids in foods and their health implications (Third edition)" (C. K. Chow, ed.), pp. 227-252. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Wilson, R. F. (2004). Seed Composition. In "Soybeans: Improvements, Production, and Uses" (B. R. H. a. S. J.E., ed.), 16, pp. 621-677. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Wilson, R. F., Weissinger, H. H., and Buck, J. A. (1980). Involvement of phospholipids in polyunsaturated fatty acid synthesis in developing soybean cotyledons. *Plant Physiology* 66, pp. 545-549.
- Wolf, R. B., Cavins, J. F., Kleiman, R., and Black, L. T. (1982). Effect of temperature on soybean seed constituents: Oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars *Journal of American Oil Chemists' Society* 59, pp. 230-232.
- Woniaczuk, M., Zielke, L., Kotik, A., and Schmalko, M. E. (2006). Control estadístico de parámetros de calidad de la yerba mate elaborada. In "X congreso Argentino de Ciencia y tecnología de Alimentos. Primer Simposio Internacional de Nuevas Tecnologías", pp. 296-302. Asociación Argentina de Tecnólogos de Alimentos.
- Wu, G., Meininger, C. J., Knabe, D. A., Baze, F. W., and J.M., R. (2000). Arginine nutrition in development, health and disease. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 3, pp. 59-66.
- Yaklich, R. W., Vinyard, B., Camp, M., and Douglass, S. (2002). Analysis of seed protein and oil from soybean northern and southern region Uniform tests. *Crop Science* Vol. 42, pp. 1504-1515.
- Yaklich, R. W., and Vinyard, B. T. (2004). Estimating soybean seed protein and oil concentration before harvest. *Journal of American Oil Chemists' Society* 81, pp. 189-194.

- Yang, J.-H., Mau, J.-L., Ko, P.-T., and Huang, L.-C. (2000). Antioxidant properties of fermented soybean broth *Food Chemistry* 71, pp. 249-254
- Yazdi-Samadi, B., Rinne, R. W., and Seif, R. D. (1977). Components of developing soybean seeds: oil, protein, sugars, starch, organic acids, and amino acids. *Agronomy Journal* 69, pp. 481-486.
- Yoon, H. H., and Kim, M. (2007). Physicochemical and sensory properties of tofu prepared with heat-treated soybeans. *Journal of Texture Studies* 38, pp. 393-403.
- Zarkadas, C. G., Gagnon, C., Gleddie, S., Khanizadeh, S., Cober, E. R., and Guillemette, R. J. D. (2007). Assessment of the protein quality of fourteen soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars using amino acid analysis and two-dimensional electrophoresis. *Food Research International* 40, pp. 129-146.
- Zelaya, M. J. (2005). Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. pp. 1-147.
- Zhang, H., Lite, L., and Mittal, G. S. (2009). Preparation of tofu gel by high-pressure processing. *Journal of Food Processing & Preservation* 33, pp. 560-569.
- Zulkurnain, M., Goh, M.-H., Karim, A. A., and Liong, M.-T. (2008). Development of a soy-based cream cheese. *Journal of Texture Studies* 39, pp. 635-654.