



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

**CALIDAD EN SEMILLAS DE SOJA [*Glycine max* (L.) Merr.],  
PRODUCIDAS Y ALMACENADAS EN EL SUDESTE  
SALTEÑO**

**JUAN JOSÉ MIR**

TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y  
Forrajeras**

DIRECTOR: Carlos Gosparini  
2017

# **CALIDAD EN SEMILLAS DE SOJA [*Glycine max* (L.) Merr.] PRODUCIDAS Y ALMACENADAS EN EL SUDESTE SALTEÑO**

Este Trabajo Final es presentado como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentado para la obtención de otro título en ésta u otra Universidad. El mismo contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en, la región Sudeste de la Provincia de Salta, durante el período comprendido entre campañas 2014 y 2015, bajo la dirección del Dr. Carlos Gosparini

**Juan José Mir**

**Dr. Carlos Gosparini**

Defendida: .....de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia quien me alentó y me motivó en todo el proceso desde cuando inicialmente surgió la posibilidad de volver a estudiar con el objetivo de ponerme nuevas metas y mejorar profesionalmente.

A mi Director de Tesis Dr. Carlos Gosparini, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, fundamentales para la concreción de este trabajo.

A la empresa Nidera S.A. y todo su personal que me brindaron su apoyo.

A Raúl Berbeluk, José Paez por su ayuda incondicional durante cada una de las etapas del desarrollo de esta tesis.

A Marlon Pardo Varela por su ayuda y apoyo.

A Juan Erdman, impulsor del desafío.

A la Asociación de Semilleros Argentinos.

Al grupo de buena gente que encontré en la Especialización en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras.

## **ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS:**

**a.C.:** antes de Cristo

**d.C.:** después de Cristo

**EA:** envejecimiento acelerado

**g:** gramo

**H:** humedad

**ha:** hectárea

**kg:** kilogramo

**m:** metro

**mm:** milímetro

**msnm:** metros sobre el nivel del mar

**°C:** centígrado

**PG:** Poder germinativo

**T:** temperatura

**t:** tonelada

**Tz:** tetrazolio

**VTz:** vigor mediante prueba de tetrazolio

## RESUMEN

La soja es un cultivo de suma importancia en la zona noroeste de Argentina, siendo la provincia de Salta segunda en cuanto a superficie sembrada. El aumento de la producción de soja en esta región, puso de manifiesto la falta de infraestructura adecuada para el almacenamiento de semillas del cultivo. Frente a esto, el silo-bolsa ha sido considerado la opción más adecuada para mantener las semillas. Sin embargo, las semillas dentro del silo-bolsa están separadas de las condiciones ambientales por una delgada película de polietileno, entonces, mantener la calidad fisiológica de la semilla podría ser un importante problema. Además, las condiciones ambientales de la zona donde se realizó la investigación presentan una marcada amplitud térmica diaria y variaciones de humedad y precipitaciones. Ambos factores considerados decisivos sobre el deterioro de la calidad de las semillas ortodoxas. El trabajo se desarrolló durante la campaña 2015/2016 en las localidades de Coronel Mollinedo y Río Piedra, ubicadas en la región agroecológica Umbral al Chaco de la Provincia de Salta. Las semillas producidas y cosechadas se almacenaron en silo-bolsa durante tres meses, aproximadamente, luego se acondicionaron y se depositaron en bolsas de polipropileno de 40 kg, las que fueron mantenidas en galpones o en cámara fría (10°C) 150 días aproximadamente. Desde el 1 de junio de 2015 hasta el 29 de febrero de 2016 se midieron los parámetros de calidad fisiológica para cada condición de almacenamiento y ubicación. La humedad de la semilla durante el almacenamiento en silo-bolsa fue más estable en Coronel Mollinedo que en Río Piedra, mientras que la temperatura de la semilla se asoció con la temperatura ambiente. Los parámetros de viabilidad y poder germinativo se mantuvieron altos (entre 91 a 96%) y similares en ambas localidades. El vigor de las semillas medido mediante el test de tetrazolio y la prueba de envejecimiento acelerado, fue mayor en Coronel Mollinedo que en Río Piedra (por debajo del 72%). En el caso de las semillas conservadas en bolsas de polipropileno y en cámara fría, los parámetros de viabilidad, poder germinativo y vigor permanecieron estacionarios durante el experimento en ambas localidades. Sin embargo, para las semillas almacenadas en bolsas de polipropileno y en galpón, todos los parámetros disminuyeron hacia la última

fecha (29 de febrero de 2016) en ambas localidades, y de un modo más pronunciado para las semillas de Río Piedra. La menor calidad en las semillas de Río Piedra podría deberse a malas condiciones de almacenamiento al comienzo del experimento, ya que en estos silo-bolsas se detectaron daños en las cubiertas ocasionado por animales. Adicionalmente, durante esta etapa, las precipitaciones fueron mayores en Río Piedra que en Coronel Mollinedo, aumentando así la humedad de las semillas.

Este trabajo demostró que tanto el silo-bolsa como las bolsas de polipropileno podrían ser adecuados para mantener alta y relativamente estable la calidad fisiológica de las semillas, sólo hasta la próxima temporada de siembra (siete meses, aproximadamente), pero no para destinos posteriores (carryover. Por su parte, las semillas que no fueron sembradas y se mantuvieron en cámara fría fueron las únicas que mantuvieron la calidad fisiológica durante el tiempo que estuvieron en condiciones controladas de temperatura.

## ABSTRACT

The soybean is one of the greatest crop productions in the Northwest of Argentina, Salta province is located in the second place in importance of sowed area. The increase in soybean production highlighted the lack of adequate infrastructure for the storage of soybean seeds. In this sense, the storage in silobags has been considered the most adequate option of keeping seeds until the next sowing season. However, seeds in silo bags are protected from wheatear conditions just by a thin polyethylene film, then, keeping the seed physiological quality could be a problem. In the present study, the environmental conditions showed a marked daily temperature alternation and particular variations of rainfall and humidity. Both factors, temperature and humidity, are considered decisive in the deterioration of quality of orthodox seeds. This work was developed during the 2015/2016 seasons in Coronel Mollinedo and Río Piedra, in the agro ecological región Umbral al Chaco, Salta province. Soybean seeds were harvested and stored in silobags for approximately three months. Then, they were packed in 40 kg polypropylene bags, which were kept in close shelters or in cold chambers (10° C), 150 days more . From June 1st 2015 to February 29th 2016 parameters of physiological quality were measured for each storage condition and location. Seed humidity during storage in silo bag was more stable in Coronel Mollinedo than in Río Piedra, while seed temperature was associated to the room temperature. The parameters of viability and germination stayed high and similar for both locations. The vigor of seeds, as for tetrazolium test as for accelerated aging test, was higher in Coronel Mollinedo than in Río Piedra (below 72%). For storage seeds in polypropylene bags and in cold chamber the parameters of viability, germination and vigor stayed stationary during the experiment in both locations (between 91 to 96%). On the other hand, for storage seeds in polypropylene bags and in shelter, all parameters decreased on the last date (February 29th 2016) in both locations, more deeply for seeds from Río Piedra. The lower quality for seeds from Río Piedra might be due to the worse storage condition at the beginning of the experiment. We found that silo bags in this place were damage by animals. Additionally, during this stage, the rainfall was higher in Río Piedra than in Coronel Mollinedo, thus increasing seeds humidity.

This work showed that both the silobag and polypropylene bags would be suitable forms to keep high and relatively stable seeds physiological quality, only until the next sowing season (approximately seven months), but not later (carry over). Moreover, it could be possible as long as silo bags are no damage. On the other hand, for seeds in propylene bags and storage until the next sowing season (carry over), only the cold chamber condition was capable to keep seed physiological quality.

## ÍNDICE

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ABREVIATURA Y SÍMBOLOS.....</b>                            | <b>4</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>                                           | <b>5</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                          | <b>7</b>  |
| <b>ÍNDICE .....</b>                                           | <b>9</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                 | <b>10</b> |
| <b>LISTA DE TABLAS .....</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                      | <b>12</b> |
| ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CULTIVO DE SOJA .....                  | 12        |
| IMPORTANCIA ECONÓMICA.....                                    | 16        |
| <b>OBJETIVOS.....</b>                                         | <b>20</b> |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                             | <b>21</b> |
| UBICACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL TRABAJO .....               | 21        |
| MANEJO DEL CULTIVO .....                                      | 23        |
| COSECHA.....                                                  | 24        |
| ALMACENAMIENTO EN SILO-BOLSA.....                             | 26        |
| EXTRACCIÓN .....                                              | 29        |
| ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEMILLAS .....                       | 30        |
| ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO TERMINADO .....                   | 31        |
| DETERMINACIONES .....                                         | 32        |
| <b>RESULTADOS.....</b>                                        | <b>37</b> |
| CONDICIONES CLIMÁTICAS .....                                  | 37        |
| ALMACENAMIENTO EN SILO-BOLSA.....                             | 39        |
| DETERMINACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN SILO BOLSA ..... | 39        |
| ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO TERMINADO .....                   | 46        |
| ALMACENAMIENTO EN GALPÓN .....                                | 46        |
| ALMACENAMIENTO EN CÁMARA DE FRÍO .....                        | 52        |
| <b>DISCUSIÓN.....</b>                                         | <b>58</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                      | <b>63</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                      | <b>64</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1. EVOLUCIÓN E HITOS EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA ARGENTINA .....                                                                                                                          | 14 |
| FIGURA 2. ZONAS PRODUCTIVAS AGRÍCOLAS DE LA REPUBLICA ARGENTINA .....                                                                                                                         | 15 |
| FIGURA 3. IMAGEN LOTE RÍO PIEDRA.....                                                                                                                                                         | 21 |
| FIGURA 4. IMAGEN LOTE CORONEL MOLLINEDO.....                                                                                                                                                  | 21 |
| FIGURA 5. IMAGEN SEMBRADORA EMPLEADA PARA LA SIEMBRA EN RÍO PIEDRA. ....                                                                                                                      | 23 |
| FIGURA 6. IMAGEN SEMBRADORA EMPLEADA PARA LA SIEMBRA EN CORONEL MOLLINEDO.....                                                                                                                | 24 |
| FIGURA 7. IMAGEN COSECHADORA EMPLEADA EN RÍO PIEDRA. ....                                                                                                                                     | 25 |
| FIGURA 8. IMAGEN COSECHADORA EMPLEADA EN CORONEL MOLLINEDO. ....                                                                                                                              | 25 |
| FIGURA 9. IMAGEN SILO-BOLSA EN CORONEL MOLLINEDO. ....                                                                                                                                        | 27 |
| FIGURA 10. IMAGEN TOLVA AUTODESCARGABLE EMPLEADA TOLVA AUTODESCARGABLE UTILIZADA<br>PARA TRANSPORTAR LA SEMILLA DESDE LA COSECHADORA A LA EMBOLSADORA .....                                   | 27 |
| FIGURA 11. IMAGEN MÁQUINA EMBOLSADORA DE SEMILLAS .....                                                                                                                                       | 28 |
| FIGURA 12. IMAGEN EXTRACTOR DE SEMILLA ALMACENADA EN SILO-BOLSA. ....                                                                                                                         | 29 |
| FIGURA 13. IMAGEN DE PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SEMILLAS EL MANGRULLO UBICADA EN RÍO<br>PIEDRA.....                                                                                           | 30 |
| FIGURA 14. IMAGEN DE PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SEMILLAS ANTA DEL DORADO EN CORONEL<br>MOLLINEDO.....                                                                                         | 31 |
| FIGURA 15. IMAGEN DEL GALPÓN ATEMPERADO DONDE SE ALMACENÓ LA SEMILLA EN CORONEL<br>MOLLINEDO.....                                                                                             | 31 |
| FIGURA 16. IMAGEN DE LA CÁMARA DE FRÍO EMPLEADA PARA EL ALMACENAJE DE LA SEMILLA EN<br>CORONEL MOLLINEDO .....                                                                                | 32 |
| FIGURA 17. IMAGEN DE HIGRÓMETRO DELVER, MODELO HD1023D.....                                                                                                                                   | 33 |
| FIGURA 18. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO REGISTRADA EN CORONEL MOLLINEDO Y<br>RÍO PIEDRA ENTRE MAYO DE 2015 Y FEBRERO DE 2016 JUNTO A LA TEMPERATURA MÁXIMA Y<br>MÍNIMA HISTÓRICA..... | 37 |
| FIGURA 19. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SEMILLA ALMACENADA EN SILO-BOLSA EN CORONEL<br>MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....                                                                             | 40 |
| FIGURA 20. TEMPERATURA DE LA SEMILLA ALMACENADA EN SILO-BOLSA EN CORONEL MOLLINEDO Y<br>RÍO PIEDRA. ....                                                                                      | 41 |
| FIGURA 21. PODER GERMINATIVO DE LA SEMILLA ALMACENADA EN SILO-BOLSA EN CORONEL<br>MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA. ....                                                                                | 42 |
| FIGURA 22. VIABILIDAD DE LA SEMILLA ALMACENADA EN SILO-BOLSA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO<br>PIEDRA.....                                                                                        | 43 |
| FIGURA 23. VIGOR MEDIDO POR TINCIÓN CON TETRAZOLIO DE LA SEMILLA ALMACENADA EN SILO-<br>BOLSA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA. ....                                                         | 44 |
| FIGURA 24. VIGOR MEDIDO POR ENVEJECIMIENTO ACELERADO DE LA SEMILLA ALMACENADA EN SILO-<br>BOLSA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA. ....                                                       | 45 |
| FIGURA 25. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN<br>BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE GALPÓN EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA. ....                                  | 46 |
| FIGURA 26. TEMPERATURA DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG,<br>DENTRO DE GALPÓN EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA.. ....                                          | 47 |

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 27. PODER GERMINATIVO DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE GALPÓN EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA.....                              | 48 |
| FIGURA 28. VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE GALPÓN EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....                                    | 49 |
| FIGURA 29 VIGOR MEDIDO POR TINCIÓN CON TETRAZOLIO DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE GALPÓN EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....        | 50 |
| FIGURA 30 VIGOR MEDIDO POR ENVEJECIMIENTO ACELERADO, DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE GALPÓN EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....     | 51 |
| FIGURA 31 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE CÁMARA FRÍA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....                      | 52 |
| FIGURA 32 TEMPERATURA DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE CÁMARA FRÍA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....                               | 53 |
| FIGURA 33 PODER GERMINATIVO DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE CÁMARA FRÍA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA.....                          | 54 |
| FIGURA 34 VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE CÁMARA FRÍA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA .....                                | 55 |
| FIGURA 35 VIGOR MEDIDO POR TINCIÓN CON TETRAZOLIO, DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE CÁMARA FRÍA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA.....   | 56 |
| FIGURA 36 VIGOR MEDIDO POR ENVEJECIMIENTO ACELERADO, DE LAS SEMILLAS ACONDICIONADAS Y ALMACENADAS EN BOLSAS DE 40 KG, DENTRO DE CÁMARA FRÍA EN CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA..... | 57 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 1CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN THORNTHWAITTE ZONAS AGROECOLÓGICAS HOMOGÉNEAS (ZAH).....                                                                                                                  | 21 |
| TABLA 2 DATOS DE PRECIPITACIONES REGISTRADOS DURANTE EL PERÍODO DE ALMACENAMIENTO EN EL SILO-BOLSA EN LA LOCALIDAD DE CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA. ....                                                     | 37 |
| TABLA 3 HUMEDAD, TEMPERATURA Y DAÑO MECÁNICO DE LAS SEMILLAS COSECHADAS EN LAS LOCALIDADES DE CORONEL MOLLINEDO Y RÍO PIEDRA AL MOMENTO DE LA RECEPCIÓN DE SEMILLAS PARA SU ALMACENAMIENTO EN SILO-BOLSA. .... | 38 |

## INTRODUCCIÓN

### Origen y evolución del cultivo de soja

La primer referencia a la soja (*Glycine max* L. Merr.) como alimento data de hace más de 5.000 años. El grano fue citado y descrito por el emperador chino ShenNung considerado el "padre" de la agricultura china (APROSOJA, 2014).

Uno de los principales aspectos que pone en evidencia la importancia cultural y nutricional de la soja para los chinos, es el hecho de que ya en el año 200 a. C. dicho grano era la materia prima esencial para la producción de queso de soja (leche de soja cuajada o tofu), lo que representa desde hace miles de años la proteína vegetal fundamental de la dieta alimentaria China, que se compone de leche, queso, pan y aceite. Además, la soja se constituyó en una especie de moneda, ya que solía intercambiarse por otros bienes. (APROSOJA, 2014)

Los registros históricos indican que la expansión del cultivo de soja fue lenta; se inició a través de Corea, llegando a Japón en el siglo III d. C. Llegó a Occidente a finales del siglo XV y principios del siglo XVI en la época de las llamadas grandes navegaciones europeas. En el siglo XVIII los investigadores europeos comenzaron los estudios con brotes de soja como materia prima para la producción de aceite. El cultivo comercial se inició en los primeros años del siglo XX en los Estados Unidos y en la segunda década del mismo el contenido de proteína y aceite de grano empezó a llamar la atención de las industrias globales (APROSOJA, 2014).

Fue después del final de la Primera Guerra Mundial, en 1919 cuando la soja se convirtió en un artículo comercial importante. Se puede considerar al año 1921 junto a la fundación de la Asociación Americana de Soja (ASA), como el marco de la consolidación de la cadena productiva de la soja en el ámbito mundial. (APROSOJA, 2014)

Actualmente es una fuente esencial de proteínas y aceite, con una multitud de usos tanto en alimentación humana como animal, así como para numerosas aplicaciones industriales a partir de los diferentes componentes de la semilla.

Durante el período 2015/2016, la producción mundial fue de 315,86 millones de toneladas. Para la campaña 2016/2017 se estima una producción de 324,20 millones de toneladas, que significarían un incremento del 2,64% en la producción global, siendo los tres principales países productores Estados Unidos, Brasil y Argentina (USDA, 2016)

En la República Argentina los primeros antecedentes de esta oleaginosa se remontan a los comienzos del siglo XX. En 1909 se iniciaron los primeros cultivos en la Estación Experimental Agronómica de Córdoba, experiencia que continuó durante diez años y cuyos resultados fueron publicados posteriormente por su director A.C. Tonnelier. En dicha publicación se presentó un temprano informe acerca de las condiciones, factibilidad y posibilidades de desarrollo de una producción que se consideraba, sobre todo, apta para cubrir las necesidades crecientes de forraje (Tonnelier, 1912) Los registros estadísticos comenzaron a brindar información acerca del cultivo de soja a partir del año 1940.

La superficie sembrada en 1960 fue de 1.014 ha y en 1961 de 10.260 ha. En 1962 se registraron 21.110 has sembradas, se produjo el primer salto importante en la producción y se realizó la primera exportación de soja: 6.000 t embarcadas hacia el puerto de Hamburgo. En 1965 la nueva situación planteada por el mercado llevó al Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la Junta Nacional de Granos, a fijar por primera vez un precio mínimo oficial para el grano de soja. (Dougnaç, 2011).

En la década de los 70 comienza un período de expansión que fue orientando el cultivo hacia las tierras más fértiles de la zona pampeana, aquellas tradicionalmente ocupadas por maíz. A principios de esta década comenzaron los primeros ensayos en siembra directa, facilitando una mayor dispersión geográfica (Dougnaç, 2011).

La superficie sembrada con soja pasó de 37.700 ha en 1970 a 2.100.000 ha en 1980 debido a factores agroecológicos y condiciones económicas favorables. Además, la instalación en la provincia de Santa Fe de plantas de molienda para la obtención de los subproductos como harina proteica, aceite crudo y pellets de cáscara favorecieron la expansión del cultivo (Dougnaç, 2011).

Durante el período comprendido por los años 1990 y 2000, llamados “de la sojización”, se llegó a una siembra de 10.300.000 ha con un volumen cosechado de 25,5 millones de toneladas; en este período la adopción generalizada de la siembra directa y la aprobación de la soja RR (Round up Ready) marcaron dos hitos para la expansión productiva (Fig.1). (ACSOJA, 2016)

Durante la campaña 2014-2015, la superficie sembrada de soja fue de 20,4 millones de hectáreas, produciendo un volumen cercano a las 58 millones de toneladas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017).

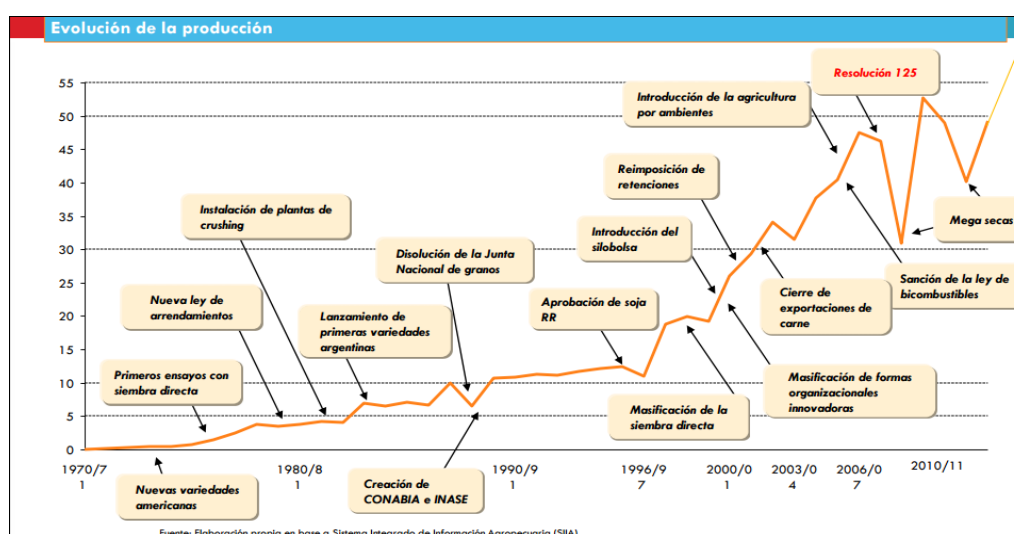


Figura 1. Evolución e hitos en la producción de soja argentina (ACSOJA, 2016).

Estas notables producciones alcanzadas por el cultivo de soja en Argentina se debieron a los avances en la superficie productiva, reemplazando a otros cultivos, o bien ocupando territorios destinados a actividades pecuarias, favorecido fundamentalmente por la adopción de la siembra directa que junto con el uso de soja transgénica con resistencia al herbicida glifosato permitió la expansión de las fronteras del cultivo. Además, al advenimiento del silo-bolsa y las nuevas herramientas y sistemas de comercialización. En este sentido, el cultivo de soja se ha ido extendiendo desde la pampa húmeda hacia otras regiones del país, entre ellas el noroeste argentino (NOA) (Bravo *et al.*, 1999) Fig.2.

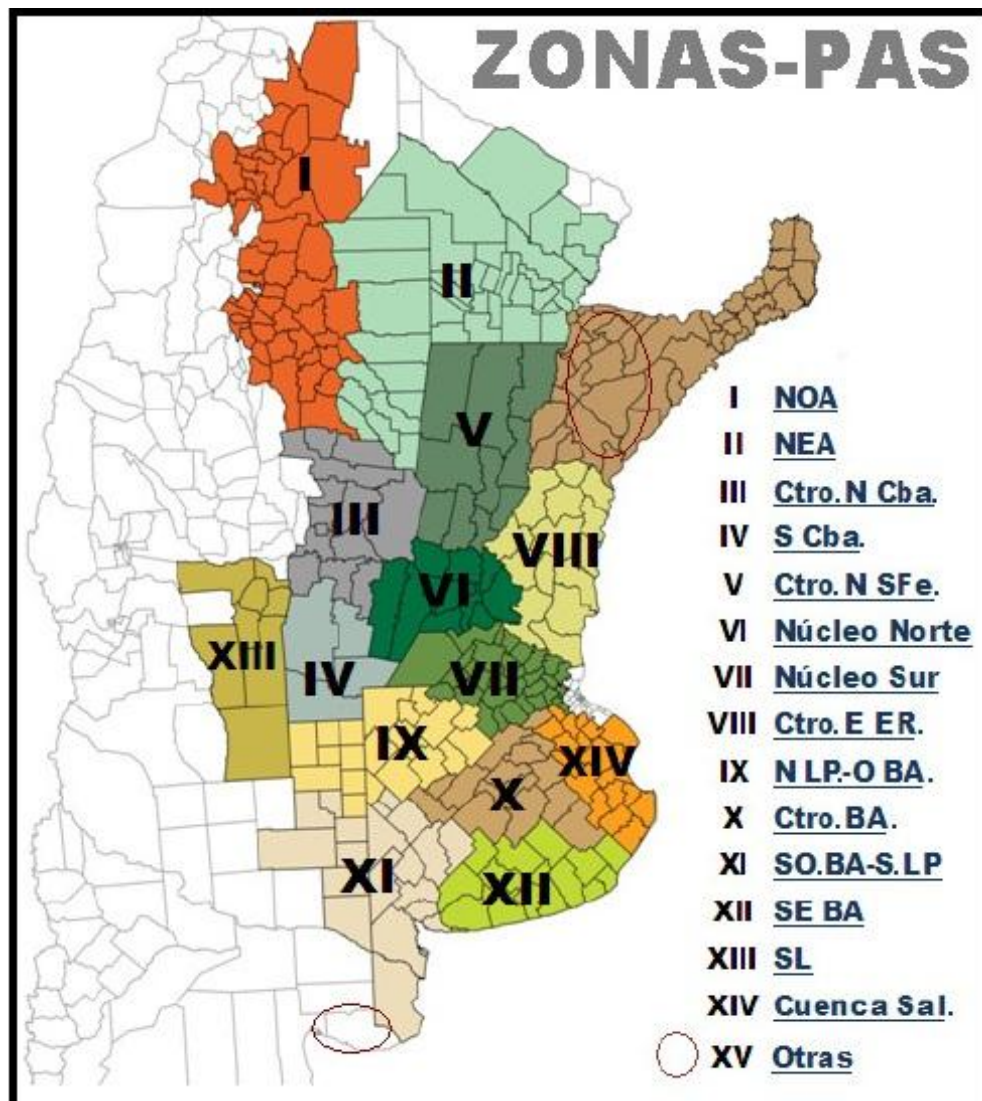


Figura 2. Zonas productivas agrícolas de la República Argentina

Referencias:

- **NOA:** Salta+Tucumán+Jujuy+Catamarca+Oeste Santiago del Estero.
- **NEA:** Chaco+Este Santiago del Estero+Formosa.
- **Ctro N Sfe:** Centro-Norte de Santa Fe.
- **Ctro N Cba:** Centro-Norte de Córdoba.
- **S Cba:** Sur de Córdoba
- **Núcleo Norte:** Este de Córdoba+Centro-Sur de Santa Fe+Sudoeste de Entre Ríos.
- **N LP-O BA:** Norte de La Pampa+ Oeste de Buenos Aires.
- **Ctro E ER:** Entre Ríos excluido Victoria y Diamante.
- **Ctro BA:** Centro de Buenos Aires.
- **SE BA:** Sudeste de Buenos Aires.
- **SO BA-S LP:** Sudoeste de Buenos Aires+Sur de La Pampa.
- **SL:** San Luis.
- **Cuenca Sal:** Este de la Cuenca del Salado.
- **Otras:** Corrientes+Misiones

(fuente Bolsa de Cereales Buenos Aires.)

## **Importancia económica**

El cultivo de la soja en el NOA se desarrolla desde aproximadamente los 23° en el extremo norte del país, a los 29° de latitud sur destacándose por su superficie sembrada y en orden decreciente las provincias de: Santiago del Estero (47%), Salta (28,5%) y Tucumán (21%). La participación de la región con respecto a la producción total de soja oscila en un 5% para la producción y un 6% para la superficie sembrada. La región del NOA posee la mayor diversidad ambiental del territorio argentino, son 10 millones de hectáreas en el que se encuentran mosaicos agrícolas discontinuos de diversos tamaños, los que conforman una superficie de 2,8 millones de hectáreas, dedicadas a la producción de cultivos extensivos. Esta es la región de Argentina que ha sufrido la mayor modificación en el paisaje en los últimos 30 años (Volante *et al.*, 2005).

En la producción de soja del NOA, la llamada región Chaqueña concentra la mayor superficie cultivada (61,38%). Los suelos de esta región, denominada Umbral al Chaco tienen aptitud agrícola para cultivos de secano (73%). Las nuevas ofertas tecnológicas como la siembra directa y las nuevas variedades RR, se adoptaron rápidamente, por lo que la siembra de soja en esta zona se duplicó en cantidad de hectáreas en el período comprendido entre los años 1999 al 2001 (Galván, 2001).

Durante la campaña 2014-2015, no se alcanzaron nuevos récords en términos de rendimiento, pero sus promedios al cierre del ciclo se ubicaron por encima de los promedios históricos de la región con un volumen cosechado de 2.088.000 t. (Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2015).

Analizando las hectáreas sembradas de soja en el NOA y los valores de densidad de siembra promedio, se deduce que la necesidad de semilla para la región es de aproximadamente 50.000 a 60.000 toneladas.

El valor estratégico del cultivo de la soja en la región se pone de manifiesto a través de los ensayos de evaluación de cultivares que coordinó la Estación Experimental Agropecuaria Obispo Colombres (Provincia de Tucumán). Durante la campaña 2014-2015 se compararon 41 cultivares, 18 de los cuales fueron nuevos. Del total de los mismos, 16 cuentan con la tecnología RR2Bt,

los restantes 25 tienen tecnología RR1 y 3 de estos, tecnología STS. (EEAOC, 2015).

El rápido incremento en los volúmenes de producción de soja, puso en evidencia la falta de infraestructura adecuada para su logística y almacenamiento en la región del NOA. Tanto los productores como la industria semillera encontraron en el silo-bolsa una herramienta para mejorar la logística de sus operaciones, ya que permite flexibilizar la capacidad de almacenamiento en función del volumen cosechado para cada año. Este sistema ofreció al sector una mejor planificación de la infraestructura, y su rápida implementación en las distintas zonas del país proporcionó soluciones en la cosecha (INTA, 2009).

La tecnología de almacenaje en silo-bolsa fue adoptada en el país en el año 1994 y a partir del año 1995 el INTA comenzó a realizar los primeros ensayos en Argentina. En el año 2004 se concreta un Convenio de Vinculación Tecnológica entre el INTA y las principales empresas fabricantes de silo-bolsa (INTA, 2009).

Navarro y Donahaye, (2005) definieron al almacenamiento en silo-bolsa como la conservación del producto en una estructura hermética sellada para generar una atmósfera modificada, reduciendo la concentración de  $O_2$  y aumentando la concentración de  $CO_2$ . Esta particular condición gaseosa tiene beneficios en la conservación del producto, que van desde el control de plagas (insectos y ácaros) y la reducción de la actividad microbiana, hasta la disminución de la actividad metabólica de la propia semilla. Como resultado general se observa una mejor calidad final del producto almacenado en un sistema hermético comparado con el producto almacenado en un sistema convencional (Ochandio, 2014).

Esta tecnología de almacenamiento es la que se utiliza casi con exclusividad en la región de estudio, donde, una vez cosechada la semilla, comienza una etapa de almacenamiento en silo-bolsa cuya duración se inicia con la cosecha del producto (durante el mes de mayo, generalmente) hasta su clasificación y embolsado, en el mes de setiembre. Asimismo puede a veces almacenarse posteriormente en cámara fría y/o galpón hasta su próxima siembra en diciembre/enero.

Las particulares condiciones de almacenamiento en la región considerada (NOA), puede tener otras derivaciones, teniendo en cuenta que es habitual que la producción de semillas para siembra se realice en exceso respecto a las necesidades concretas para la campaña considerada. En tal caso la semilla remanente se denomina “carryover” y suele conservarse hasta la próxima campaña. Pero esta opción puede plantear el riesgo de que las semillas de soja puedan deteriorarse cuando son almacenadas por períodos de tiempo que exceden los normales para su conservación (aproximadamente siete meses entre la cosecha y la próxima siembra).

Durante todo este proceso debe tenerse especial cuidado para conservar los atributos de calidad primaria y secundaria (pureza varietal, adecuada calidad fisiológica y sanitaria) a través del adecuado tratamiento de las semillas desde el campo hasta el productor, ya que la etapa de almacenamiento es una de las más delicadas dado que la soja es una especie cuyas semillas tienen una mayor susceptibilidad al envejecimiento (Delouche, 1981). La conservación de la soja ha sido de gran preocupación para la industria de semillas (Mbofung, 2013).

Las semillas se deterioran durante períodos de almacenamiento prolongado, pero la velocidad de deterioro varía mucho entre especies y, por supuesto, lotes de semillas (Abbasi Surki *et al.*, 2012)

De acuerdo al “Índice relativo de almacenamiento”, Justice y Bass (1978), colocaron a la soja entre el grupo de semillas de menor capacidad de almacenamiento. Es conocido el hecho de que las semillas de soja presentan un limitado período de almacenamiento sin que se produzcan deterioros en su calidad fisiológica.

Se ha informado que la viabilidad de las semillas de soja decrece gradualmente luego de transcurridos seis meses de almacenamiento, y que esa pérdida de calidad se agrava en función de los daños ocasionados durante la cosecha y las características particulares de la variedad considerada (El-Abady *et al.*, 2012).

Además, investigaciones sobre conservación de semillas han demostrado que el período de tiempo en que un lote sigue siendo viable durante el

almacenamiento (longevidad de la semilla) está influenciado por la calidad inicial del lote, contenido de humedad, la temperatura y la humedad relativa e intercambios gaseosos en el entorno de almacenamiento (Barton, 1943; Vertucci y Roos, 1990, 1993; citados por Mbofung, 2013)

Independientemente de la calidad inicial de la semilla, las condiciones de almacenamiento desfavorables, particularmente temperatura ambiente y la humedad relativa del aire, aceleran el deterioro de las semillas. Los efectos del contenido de agua y de la temperatura son interdependientes (Roos, 1993 citado por Abbasi Surki *et al.*, 2012).

El deterioro de la semilla se define como un proceso inexorable que no puede ser revertido, sólo su velocidad puede ser retrasada controlando las condiciones de almacenamiento (Delouche, 1968). Harrington (1959) definió los mejores entornos de almacenamiento en sus "reglas básicas", que se han convertido en normas en la industria de semillas. Estas reglas establecen que por cada unidad de disminución en el contenido de humedad de la semilla, se duplica su vida durante el almacenamiento; y para cada disminución de 5°C en la temperatura de almacenamiento, se duplica el tiempo de la vida de una semilla. Además, la suma aritmética de la temperatura en grados fahrenheit y el porcentaje de humedad relativa no deben exceder 100, siendo 50 el valor máximo aportado por la temperatura.

Semillas sometidas a fluctuaciones de humedad se deterioran más rápidamente que las semillas que conservan un nivel constante (Bass, 1973). Por lo tanto, la magnitud de la temperatura, la humedad relativa y la duración del almacenamiento son determinantes para la tasa de deterioro de las semillas (Delouche, 1968).

## **OBJETIVOS**

Teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la región comprendida en el presente trabajo, caracterizada por presentar períodos desfavorables para la conservación de la viabilidad de semillas (elevadas temperaturas y humedad), particularmente al disponerlas durante una parte del almacenamiento en silo-bolsa y luego en estibas que pueden ser en galpones, ambas condiciones a temperatura y humedad ambiental, se considera de especial interés.

Objetivo General:

Conocer si el almacenamiento en silo-bolsa en la región del NOA es adecuado para mantener la calidad de las semillas de soja. En función de lo detallado anteriormente se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Validar la operatoria implementada durante la campaña 2014-2015 en los distintos puntos de los procesos de semilla de soja producidas en el SE de la provincia de Salta.
- Estimar si el tiempo de permanencia de la semilla tanto en silo-bolsa como en estibas de bolsas afecta, la calidad fisiológica de la semilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación temporal y espacial del trabajo

El trabajo se realizó durante la campaña 2014-2015 en dos localidades de la provincia de Salta:

- **Río Piedra:** Campo ubicado en el departamento de Metán, lote denominado 30/31, georreferencia:  $25^{\circ}22'18,93''\text{S}$ ;  $64^{\circ}56'19,04''\text{O}$ , altitud 729 m.s.n.m.(Fig.3).



Figura 3. Imagen del lote 30/31 en la localidad de Río Piedra (Departamento Metán, Provincia de Salta) campaña 2014-2015.

- **Coronel Mollinedo:** Campo Las Flores ubicado en el departamento de Anta, lote denominado Las Flores 1, georreferencia:  $24^{\circ}32'48,18''\text{S}$ ;  $64^{\circ}04'64,04''\text{O}$ , altitud 401 m.s.n.m. (Fig.4).

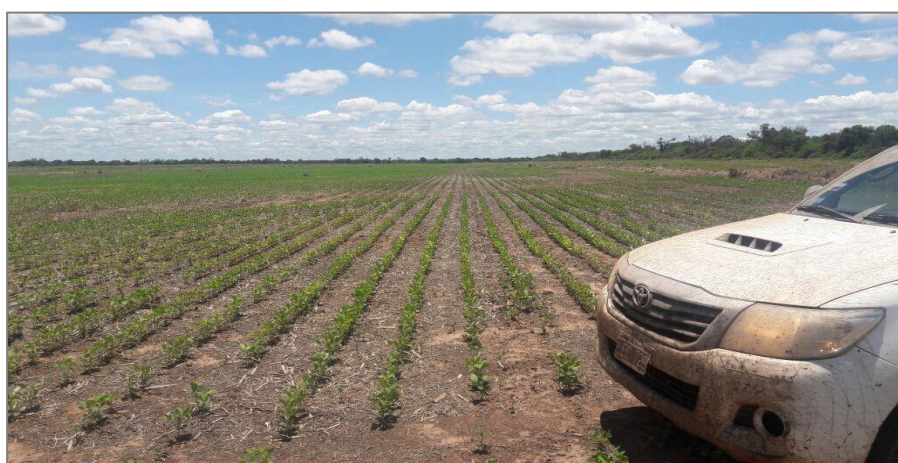


Figura 4. Imagen del campo Las Flores en la localidad de Coronel Mollinedo (Departamento de Anta, Provincia de Salta) campaña 2014-2015.

La provincia de Salta presenta un clima cálido subtropical, con notorias diferencias en las distintas regiones por lo variado de su relieve. La orientación y altitud de sus cordones montañosos influye en la distribución geográfica de las precipitaciones. En todos los ambientes, las lluvias tienen una marcada concentración estival (régimen continental o monzónico). El clima que predomina es el subtropical seco y cálido. Durante la época de verano, de calor extremo, son comunes lluvias tempestuosas. Su régimen es de lluvias estivales, con precipitaciones de 600 a 800 mm anuales, las cuales aumentan hacia el Oeste (Galván, 2001).

Desde el punto de vista agroecológico y económico la Provincia de Salta puede ser dividida en nueve regiones. Esta división nos permite identificar las principales producciones actuales y potenciales, con las particulares conjunciones agroecológicas de cada región. Los departamentos de Anta y Metán, donde se localizaron los ensayos en este trabajo, se extienden en las áreas de piedemonte, al este de la Sierra subandina hasta la llanura chaqueña, en la región llamada Umbral al Chacho, con cultivos extensivos de secano. (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación Climática según Thornthwaite Zonas Agroecológicas Homogéneas (ZAH).

| Zona                                              | Temperatura °C     |                  |                  |                  | Precipitación mm |                 | Periodo libre de heladas (días) | Evpt. Potencial (mm) | Déficit (mm) | Exceso (mm) |
|---------------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|--------------|-------------|
|                                                   | Invierno (Jun-Jul) |                  | Verano (dic-feb) |                  | media anual      | meses de máxima |                                 |                      |              |             |
|                                                   | media              | mínimas extremas | media            | máximas extremas |                  |                 |                                 |                      |              |             |
| Umbral al Chaco con cultivos de secano extensivos | 14 a 16            | -4               | 21/28            | 44/46            | 600-800          | Ene-Feb 173-151 | Sept-May 270-300                | 923                  | 205          | 25          |
| Chaco Semárido                                    | 12 a 16            | -5               | 27 a 30          | 47               | 500-600          | Ene-Feb 100-120 | Oct-Abr 270-300                 | 1100                 | 600          | 0           |
| Sa. Subandinas                                    | 14 a 15            | -6               | 25 - 28          | 35-38            | 800-1.400        | Ene-Feb 240-260 | Ago-Jul 300-330                 | 900                  | 50-60        | 200         |

### Datos Meteorológicos

Los datos meteorológicos durante el cultivo y el almacenamiento de las semillas se registraron mediante el uso de estaciones meteorológicas Agrometrix Mod. GEA X1 ubicadas en los correspondientes campos de producción, utilizando sensores de temperatura y precipitaciones que realizaron registros diarios.

### Manejo del cultivo

El cultivo antecesor en ambas localidades fue maíz, los lotes se implantaron mediante siembra directa y se manejaron sin riego suplementario (secano).

**Río Piedra:** La siembra se realizó entre el 21 y el 23 de diciembre de 2014; para esta labor se utilizó una sembradora marca Fercam G 350 (Fig. 5), con dosificador de placa. La semilla fue tratada con fungicida Thiram + Carbendazim (600 cc. cada 100kg de semillas) y con ethiprole + fipronil para insectos (150 cc cada 100 kg de semillas. Durante el cultivo el control de orugas se realizó aplicando Rynaxypyr (30 cc por ha) y para chinches Imidacloprid 20% + Lambdacialotrina (200 cc. por ha).



Figura 5. Sembradora Fercam G 350 empleada para la siembra de soja en Río Piedra durante la campaña 2014-2015.

**Coronel Mollinedo:** La siembra se realizó entre el 31 de diciembre de 2014 y el 05 de enero de 2015, empleando una sembradora marca Agrometal TX (Fig. 6) con dosificador de placa.

En esta localidad, la semilla de soja se trató con fungicida Thiram + Carbendazim (600 cc de fungicida cada 100 kg de semillas), 700 cc de inoculante por cada 100 kg de semilla. Igualmente utilizó insecticida ethiprole (125 – 150 cc) + fipronil (125 – 150 cc por cada 100 kg de semilla). Para el control de orugas en cultivo se hicieron aplicaciones de flubendiamida (40 – 50 cc/ha) y para chinches aplicaciones de betacyflutrin + imidacloprid (350 cc/ha).



Figura 6. Sembradora Agrometal Tx Mega de 16-52 empleada para la siembra en Coronel Mollinedo.

## Cosecha

La cosecha de la semilla se realizó con máquinas de flujo axial, las cuales presentan un mejor desempeño, ya que permiten un mayor control del sistema de trilla y separación; además de minimizar el daño mecánico en la simiente.

Adicionalmente, para realizar adecuadamente ésta labor se llevaron a cabo los siguientes controles:

- Verificación de la nivelación de los cóncavos.
- Control de las barras de desgaste del acelerador de alimentación.
- Chequeo de las cadenas del acarreador del embocador.
- Chequeo de tubos de descarga de la cosechadora y carros tolvas.
- Determinación previa de humedad de las semillas.
- Limpieza, purga de la cosechadora y de las tolvas autodescargables.
- Monitoreo de quebrado y test de lavandina (Bleach).
- Rotación en bajas vueltas.
- Control de velocidad de avance.
- Estimación de mayor pérdida en pos de calidad (no retorno de trilla).

Se estableció como fecha de cosecha el momento en que la humedad de las semillas estuvo entre el 11% y 14%; esta situación correspondió al 11 de mayo para Río Piedra, (se cosechó con una máquina John Deere 9650 axial, Fig. 7) y para el 5 de mayo en Coronel Mollinedo, utilizando una máquina New Holland Cr 9080 axial (Fig. 8).



Figura 7. Cosechadora John Deere 9650 axial empleada en la recolección de soja en Río Piedra, campaña 2014-2015.



Figura 8. Cosechadora New Holland Cr9080 axial empleada en la recolección de soja en Coronel Mollinedo, campaña 2014-2015.

#### Almacenamiento en silo-bolsa

El almacenamiento de la semilla en Río Piedra se efectuó en el establecimiento El Mangrullo, (25°35'39,5"S; 64°93'33,1"O), en el cruce de las Rutas Nacionales N°34 y N°16. Se dispusieron tres silo-bolsa para la semilla almacenada, con fecha de inicio 11 de mayo de 2015.

- *Río Piedra I*: Silo-bolsa con 51,291 t de soja y un contenido de humedad inicial de 13,4%.
- *Río Piedra II*: Silo-bolsa con 70,0 t de soja y una humedad inicial de 13,3%.
- *Río Piedra III*: Silo-bolsa con 72,4 t de soja y una humedad inicial de 14,4%.

La semilla proveniente de Coronel Mollinedo se ubicó en el establecimiento Anta del Dorado, en la localidad de Coronel Mollinedo Ruta N°5, (24°51'66,7"S; 64°13'33,3"O), se dispusieron tres silo-bolsa para la semilla almacenada comenzando el 5 de mayo de 2015.

- *Mollinedo I*: Silo-bolsa con 199,63 t de soja y una humedad inicial de 11,9%.
- *Mollinedo II*: Silo-bolsa con 227,73 t de soja y una humedad inicial de 12,1%.
- *Mollinedo III*: Silo-bolsa con 228,46 t de soja y una humedad inicial de 12,0%.

#### Almacenamiento de la semilla cosechada:

- *Silo-bolsa IPESA*: Constituido por material de polietileno de baja densidad de aproximadamente de 235 micrones de espesor y dispuesto en tres capas. La capa exterior es blanca y tiene aditivos (filtros de UV y dióxido de titanio) para reflejar los rayos solares. La del medio, es una capa neutra y la del interior tiene un aditivo (negro humo) que actúa como protector contra rayos ultravioletas y evita la penetración de la luz. Las dimensiones corresponden a 2,74 m de diámetro con una longitud de 60 a 75 m (Fig. 9).



Figura 9. Imagen de los silo-bolsa donde se almacenó la semilla en el establecimiento Anta del dorado, Coronel Mollinedo (Departamento de Anta, Provincia de Salta) durante el año 2015.

- *Tolva autodescargable*: (Cestari Serie ST capacidad 24.000 l). Es un carro con una gran tolva que se utiliza para llevar directamente el grano desde la cosechadora a la embolsadora. Esta tolva cuenta además, con un gran tornillo sinfín que transporta el grano desde este carro a la tolva de la embolsadora. (Fig. 10).



Figura 10. Tolva autodescargable marca Cestari Serie ST capacidad 24.000l, utilizada para transportar la semilla desde la cosechadora a la embolsadora.

- *Máquina embolsadora:* Es un implemento que se utiliza para depositar á semilla en la bolsa plástica o silo-bolsa. Consta de una tolva de recepción, un túnel donde se coloca la bolsa y un sistema de frenos, con los cuales se regula el llenado y estiramiento de la bolsa. Se activa por intermedio de la toma de fuerza del tractor, conectada a la embolsadora por medio de una barra cardánica. Estas máquinas pueden embolsar aproximadamente 250 t. de granos por hora. La embolsadora utilizada para el llenado de todos los silo-bolsa fue una máquina marca Mainero modelo 2230 (Fig. 11).



Figura 11. Máquina embolsadora marca Mainero modelo 2230, empleada para el llenado del silo-bolsa en la campaña 2014-2015.

En ambas maquinarias se realizaron los controles previos a su utilización junto a los chequeos pertinentes de limpieza para conservar la pureza botánica de la semilla cosechada.

Por otro lado, se le realizaron mediciones de daño mecánico a las semillas mediante la técnica de hipoclorito, en la tolva autodescargable y en la embolsadora, para verificar qué nivel de daño provocaban estos procesos.

La técnica del hipoclorito consiste en sumergir 100 semillas de soja en una solución de hipoclorito y observar el tamaño que adquieren las semillas sumergidas luego de 10 a 15 minutos. Las semillas que poseen alteraciones físicas en cualquiera de sus estructuras se hinchan aumentando su volumen de

manera considerable. De esta manera se computan las semillas de mayor tamaño, de este modo se obtiene el porciento en forma directa y se relaciona con el nivel de daño mecánico presente en la muestra y el lote.

## Extracción

- *Máquina extractora:* Es un implemento que se utiliza para vaciar el silo-bolsa, consta de una serie de tornillos sinfín que toman el grano de la bolsa y lo transportan hacia la tolva autodescargable. Se activan por la toma de fuerza del tractor que se conecta a la extractora por intermedio de una barra cardánica. Las extractoras utilizadas fueron marca Akron modelo EX3600 para Rio Piedra (Fig. 12). y una Ombú modelo Eh400 en Coronel Mollinedo.



Figura 12. Extractora de la semilla almacenada en silo-bolsa marca Akron modelo EX3600 utilizada en Rio Piedra, campaña 2015.

- *Carro tolva:* Estos carros se utilizaron para llevar directamente la semilla desde la máquina extractora al semillero, descargándola por gravedad a través de una abertura en la boquilla inferior.

Se realizaron chequeos de limpieza y mediciones de daño mecánico en la descarga del carro tolva, continuando la verificación durante todo el proceso.

## Acondicionamiento de las semillas

### Clasificación y embolsado

El proceso se realizó a partir del 05/08/2015 en la Planta El Mangrullo (Fig. 13) para el material proveniente de Río Piedra, y del 07/08/2015 en la Planta de procesamiento de semillas Anta del Dorado (Fig. 14) para el proveniente de Coronel Mollinedo. Los elementos utilizados en los procesos de clasificación y embolsado fueron similares en las dos Plantas:

- Rejilla de descarga.
- Elevadores tolva.
- Clasificadora (control de los vientos / peso hectolitrito).
- Elevadores tolva.
- Mesa densimétrica (regulación, controles de peso hectolítrico y pureza física).
- Elevadores.
- Tolva de embolsado.



Figura 13. Planta de procesamiento de semillas El Mangrullo ubicada en Río Piedra.



Figura 14. Planta de procesamiento de semillas Planta Anta del Dorado en Coronel Mollinedo.

### **Almacenamiento del producto terminado**

Las semillas provenientes del silo-bolsa se acondicionaron y embolsaron en envases de polipropileno de 40 kg, se estibarón en pilotes de 680 bolsas, de tal manera que al menos tres caras de la estiba quedaran libres y un pasillo de circulación dentro de galpones atemperados (Fig. 15). También fueron almacenados en cámara de frío a una temperatura de 10 °C (Fig. 16).



Figura 15. Imagen del galpón atemperado donde se almacenó la semilla en Coronel Mollinedo durante el período 2015-2016.



Figura 16. Cámara de frío empleada para el almacenaje de la semilla en Coronel Mollinedo durante el período 2015-2016.

### **Determinaciones**

Para la preparación de las muestras, se pesaron 1000g de semillas, que luego fueron pasadas por una zaranda de tajo de 4,25mm, con el objetivo de simular una clasificación y para eliminar las semillas partidas. Las muestras se conservaron en bolsas de papel herméticamente selladas y rotuladas para su posterior envío a los distintos laboratorios.

- *Muestras de la semilla almacenada en silo-bolsa:* Se tomaron muestras cada 4 o 5 m lineales de cada silo-bolsa del experimento, el silo se muestreó desde su extremo, a una altura entre 1 m a 1,5 m, en distintos ángulos y profundidades para cada sitio muestreado. Después del calado, los orificios fueron sellados con una cinta film de PVC, de características específicas para el sellado y para mantener la hermeticidad de la bolsa. Las muestras se extrajeron con un calador de granos para silo-bolsa (2000mm de largo y 25mm de diámetro). Se realizaron extracciones cada 30 días. El material muestreado en cada oportunidad fue identificado y se homogeneizó a partir de los distintos puntos de muestreo.

- *Muestras de la semilla clasificada y embolsadas en envases de 40 kg:* Las muestras de la semilla se recolectaron con un calador para bolsas N°4, que retira pequeñas cantidades de semilla de las distintas caras del pilote. Se recolectaron un total de 30 sub-muestras que en su conjunto forman una muestra representativa del lote de semilla homogenizada.

Las determinaciones de los parámetros de calidad fisiológica de las semillas se realizaron según el protocolo del INASE, donde cada prueba fue realizada por personal capacitado y habilitado.

#### Determinaciones de laboratorio

La calidad fisiológica de la semilla de soja almacenada, se midió a través de las siguientes variables.

*Temperatura (T) y Humedad (H):* Se tomaron los valores en el momento de extracción de cada muestra con un Higrómetro Delver, modelo HD1023 (Fig. 17), registrando el promedio de dos repeticiones de 50 semillas por tratamiento.



Figura 17. Imagen de Higrómetro Delver, modelo HD1023, utilizado para medir temperatura y humedad de las semillas cuando fueron tomadas las correspondientes muestras para ser enviadas a laboratorio.

### *Prueba De Germinación Estándar (PG)*

Se empleó el método sobre papel (*Top Paper* - TP) con 4 repeticiones de 50 semillas; las que se distribuyeron uniformemente sobre una capa de papel (Wypall de 28 x 42cm) previamente humedecido a saturación con agua destilada, haciendo rollos y colocándolos de forma vertical en la cámara de germinación a 25°C durante 8 días, al cabo de los cuales se efectuó el conteo de plántulas normales (intactas, con defectos leves, con infección secundaria), plantas anormales (dañadas, deformadas o desbalanceadas, podridas) y semillas no germinadas (duras, frescas y muertas) (ISTA, 2016).

### *Viabilidad por tinción con tetrazolio (Tz):*

Se procedió a la hidratación con agua destilada de 100 semillas de soja por tratamiento en recipientes, durante 18 horas (colocándolos en una estufa a 35°C), luego éstas se sumergieron en la solución de sal 2,3-5 trifeniltetrazolio de concentración equivalente a 0,1% y se incubaron en oscuridad a 35°C durante 3 horas (Craviotto *et al.*, 2011), para posteriormente evaluar cada semilla agrupada en repeticiones de 50.

Se observó la localización y la profundidad de los colores y de los daños. Sobre esta base se obtuvo el porcentaje de viabilidad, de acuerdo con la siguiente clasificación: viable sin defectos, viables defectos leves, viables defectos moderados, viables defectos severos y no viables.

### *Vigor de las semillas.*

El poder germinativo de las semillas es una información fundamental para evaluar el comportamiento de las mismas durante el almacenamiento. Las pruebas que se utilizan para su determinación se basan en condiciones ambientales estandarizadas y estables, que resultan favorables para la germinación. No obstante, cuando la semilla es destinada a la siembra en campo las condiciones ambientales, generalmente, se alejan del rango ideal, por lo tanto el dato de PG a veces no refleja el real comportamiento del lote de semillas en condiciones de producción. Para subsanar la ausencia de información en este sentido se realizan pruebas de vigor que reflejan el comportamiento de las semillas en condiciones naturales.

El vigor de un lote de semillas se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas en un amplio rango de ambientes. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor ISTA (2016).

Para el presente estudio se utilizaron dos técnicas de determinación del vigor de las semillas de soja

- Envejecimiento acelerado, que consiste en exponer a las semillas por períodos cortos a las dos variables ambientales que causan rápido deterioro de su calidad fisiológica, alta temperatura y alta humedad relativa. Lotes de semillas de alto vigor soportarán condiciones de estrés extremo y se deteriorarán a un ritmo más lento que los lotes de semillas de bajo vigor.
- Determinación del vigor por Tetrazolio, provee una rápida evaluación del vigor de semillas viables expresando el nivel de vigor entre las semillas vigorosas; semillas no vigorosas, en tanto las semillas no viables son excluidas (Gallo *et al.*, 2016)

#### *Vigor mediante envejecimiento acelerado (EA)*

Se determinó con el método de envejecimiento acelerado, que consistió en colocar una capa de 200 semillas por tratamiento (4 repeticiones) dentro de una mini cámara de plástico. Se llevaron a una estufa en condiciones de alta temperatura (45°C) y alta humedad relativa (cerca al 100%) durante 48 horas. La lenta hidratación y la gran actividad respiratoria provocada por la temperatura elevada originan el proceso de envejecimiento acelerado. Luego se evaluó el deterioro de las semillas por medio de una prueba de germinación estándar, empleando el mismo método descrito anteriormente (ISTA, 2016).

#### *Vigor mediante tinción con tetrazolio (VTz)*

En base a las muestras analizadas para determinar viabilidad se procedió a realizar el análisis del vigor de las semillas de acuerdo a la intensidad del color generado por la sal de tetrazolio al reaccionar enzimáticamente con los tejidos

seminales y, en función de una escala previa, se asignó el correspondiente valor de vigor a cada muestra.

Las determinaciones de Poder Germinativo y Tetrazolio fueron realizadas en el laboratorio de la Estación Experimental Obispo Colombres en la provincia de Tucumán. Por su parte, la determinación de vigor por la técnica de envejecimiento acelerado se realizó en el laboratorio de semillas de Nidera Semillas Venado Tuerto, en la provincia de Santa Fe. En ambos casos todos los datos se obtuvieron siguiendo las normas establecidas por ISTA.

#### Análisis de datos

Los datos de las determinaciones de calidad fisiológica se analizaron con el programa InfoStat (2008). Para cada variable se realizó prueba de normalidad de Shapiro - Wilks y se realizaron ANOVA y análisis de varianza no paramétrica mediante la prueba de Kruskal - Wallis, con un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS

### Condiciones climáticas

En la Figura 18 se muestra la evolución de la temperatura máxima y mínima ambiente en Coronel Mollinedo y Río Piedra durante entre los meses de mayo de 2015 y febrero de 2016, y los registros históricos de ambas temperaturas en esos meses. Se aprecia que los valores máximos fueron, en promedio, semejantes entre sí y al promedio histórico. En tanto las mínimas fueron semejantes al promedio histórico para Río Piedra y superiores al mismo en Coronel Mollinedo. (Fig. 18)

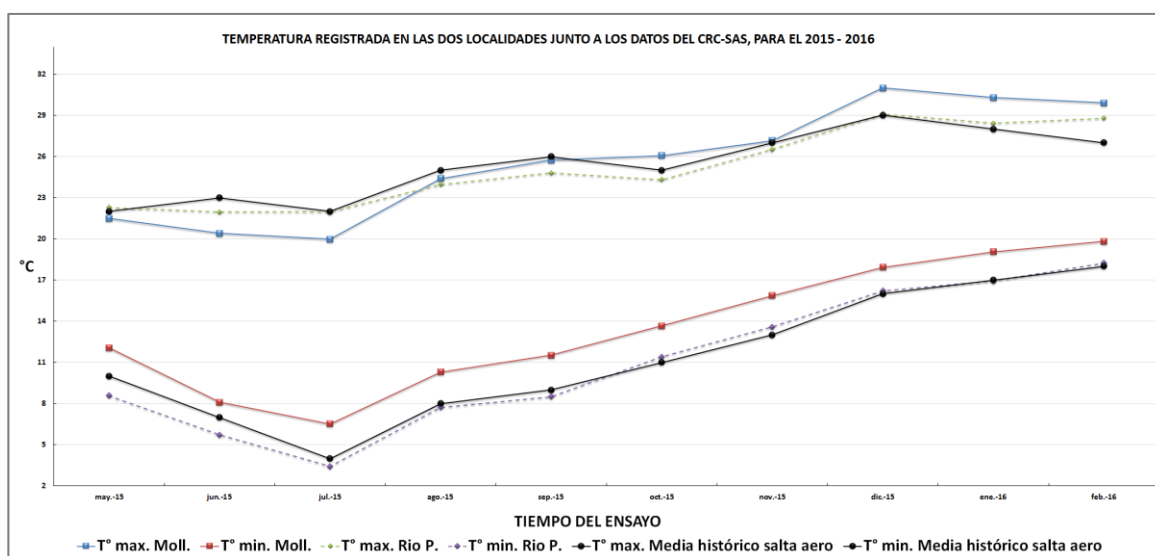


Figura 18. Temperatura máxima y mínima promedio registrada en Coronel Mollinedo y Río Piedra entre mayo de 2015 y febrero de 2016 junto a la temperatura máxima y mínima histórica registradas por el Centro Regional sobre el Clima para el Sur de América del sur (CRC-SAS).

Tabla 2. Datos de precipitaciones (mm) registrados durante el período de almacenamiento en el silo-bolsa en la localidad de Coronel Mollinedo y Río Piedra.

|               | <b>CORONEL<br/>MOLLINEDO</b> | <b>RÍO PIEDRA</b> |
|---------------|------------------------------|-------------------|
|               | -----mm-----                 |                   |
| <b>JUNIO</b>  | 0,0                          | 3,0               |
| <b>JULIO</b>  | 0,3                          | 1,0               |
| <b>AGOSTO</b> | 0,6                          | 5,2               |

En la tabla 2 se muestran las precipitaciones registradas durante los meses de mayo a agosto de 2015 en Coronel Mollinedo y Río Piedra. El período informado corresponde a los meses en los cuales las semillas permanecieron en silo-bolsa expuestas a las condiciones ambientales naturales. Ambas localidades se encuentran dentro de un clima continental, con un régimen pluvial monzónico, donde las precipitaciones de los meses de invierno son escasas. Esto se verificó claramente en Coronel Mollinedo, no obstante, en Río Piedra se registraron precipitaciones en todos los meses que duró la permanencia de las semillas en silo-bolsa (Tabla 2). En cuanto a las condiciones climáticas, en términos generales se contó para tal período con un buen aporte hídrico, a diferencia de las últimas campañas las cuales estuvieron marcadas por la falta de precipitaciones.

### Almacenamiento en Silo-bolsa

Tabla 3. Humedad, temperatura y daño mecánico de las semillas cosechadas en las localidades de Coronel Mollinedo y Río Piedra (Provincia de Salta), al momento de la recepción de semillas para su almacenamiento en silo-bolsa.

| FECHA      | CAMPO             | SILO     | HUMEDAD (%) | TEMPERATURA (°C) | DAÑO SEMILLAS (%) |
|------------|-------------------|----------|-------------|------------------|-------------------|
| 5/05/2015  | Coronel Mollinedo | MOLL. 1  | 11,9        | 25               | 4                 |
| 5/05/2015  | Coronel Mollinedo | MOLL. 2  | 12,1        | 26               | 2                 |
| 5/05/2015  | Coronel Mollinedo | MOLL. 3  | 12,0        | 24               | 1                 |
| 11/05/2015 | Río Piedra        | RÍO P. 1 | 13,4        | 25               | 3                 |
| 11/05/2015 | Río Piedra        | RÍO P. 2 | 13,3        | 25               | 4                 |
| 11/05/2015 | Río Piedra        | RÍO P. 3 | 14,4        | 26               | 3                 |

En la tabla 3 se presentan los datos de humedad, temperatura y daño de las semillas cosechadas en ambas localidades, previo a ser almacenadas en silo-bolsa. Se puede apreciar que los valores de humedad estuvieron dentro del rango considerado como adecuado para la cosecha. La temperatura fue la normal para la época, oscilando entre 24 y 26 °C. Por su parte el nivel de daño generado en la semilla durante la cosecha estuvo por debajo del 5%, considerado el umbral de tolerancia (Tabla 3).

### *Determinaciones durante el almacenamiento*

Durante el almacenamiento de las semillas en silo-bolsa se realizaron determinaciones periódicas de los parámetros vinculados a la calidad fisiológica del material que se detallan a continuación:

### *Humedad de la semilla (H)*

En la figura 19 se presenta el contenido de humedad de las semillas medido, en promedio, a los 23, 53 y 87 días de iniciado el almacenamiento en silo-bolsa, en ambas localidades.

De acuerdo a los registros, la semilla almacenada en la localidad de Coronel Mollinedo presentó valores inferiores de hasta dos puntos en relación a la semilla ubicada en Río Piedra. Estadísticamente se detectaron diferencias significativas entre las localidades para la H de la semilla ( $p=0,0001$ ).

Si bien los valores de H en promedio, fueron iguales en ambas localidades al momento de iniciar el almacenamiento en silo-bolsa, su evolución fue distinta de acuerdo a la localidad considerada. Una posible explicación podría encontrarse en los registros de precipitaciones (Tabla 2), ya que en la localidad de Río Piedra se registraron lluvias durante todos los meses que las semillas estuvieron en silo-bolsa sumando un total de 9,2 mm, en tanto en Coronel Mollinedo fueron mínimas (0,9 mm). Existiendo la posibilidad de que el agua hubiera ingresado en sectores del silo-bolsa generando un ambiente con una humedad media superior en Río Piedra, durante la mayor parte del experimento (Fig. 19). En consonancia con esta posibilidad, se verificó daño en parte de los silo-bolsa de Río Piedra, atribuido a depredación por parte de animales.

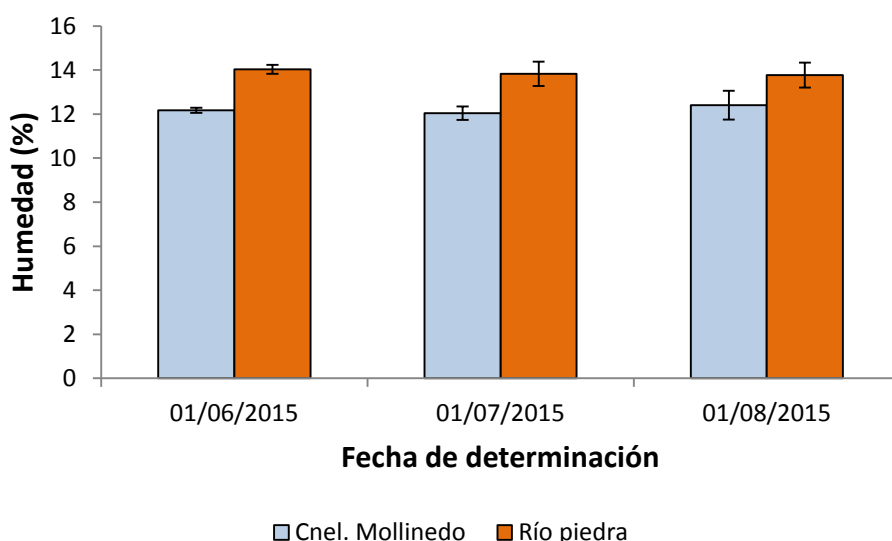


Figura 19. Contenido de humedad de la semilla almacenada en silo-bolsa, luego de 26, 56 y 86 días de almacenamiento para la localidad de Coronel Mollinedo y de 20, 50 y 80 días de almacenamiento en la localidad de Río Piedra.

### *Temperatura de la semilla (T)*

En la Figura 20 se muestran, los valores de T de las semillas en cada localidad analizada durante el almacenamiento en silo-bolsa. La T de las semillas siguió la evolución de la temperatura ambiente, registrándose una caída en los valores durante el muestreo de julio, coincidente con las temperaturas ambiente más bajas del período analizado. En cada determinación, los valores de T de las semillas fueron similares entre localidades, no verificándose diferencias estadísticas ( $p= 0,6186$ ).

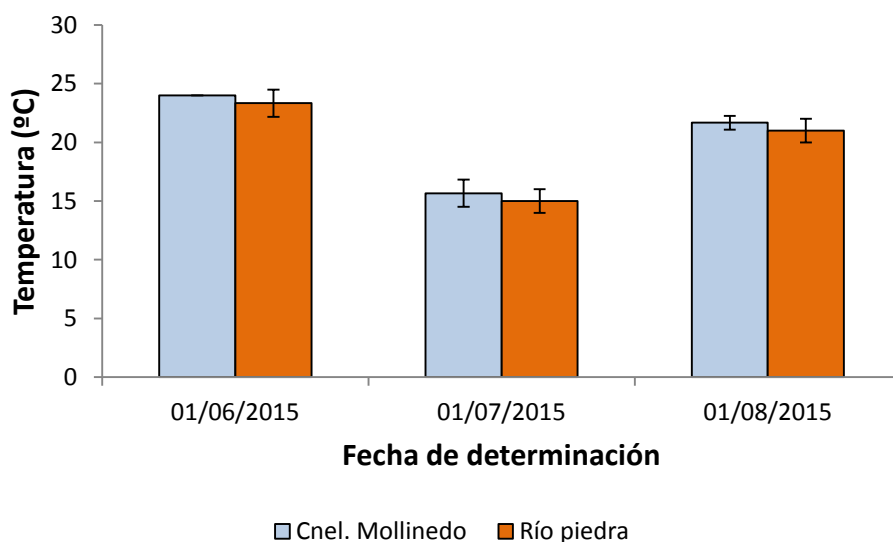


Figura 20. Valores de temperatura de la semilla almacenada en silo-bolsa, luego de 26, 56 y 86 días de almacenamiento para la localidad de Coronel Mollinedo y de 20, 50 y 80 días de almacenamiento en la localidad de Río Piedra.

### *Poder Germinativo (PG)*

En la Figura 21 se muestran la evolución de los porcentajes de PG de las semillas durante el período de almacenamiento en silo-bolsa para ambas localidades analizadas. Los datos son muy similares para cada localidad, con valores próximos al 93 % de PG en general Coronel Mollinedo para las tres fechas analizadas y levemente superior (~94%) para Río Piedra (Fig. 21). No se detectaron diferencias significativas entre los valores de PG entre las localidades ( $p=0,8179$ ).

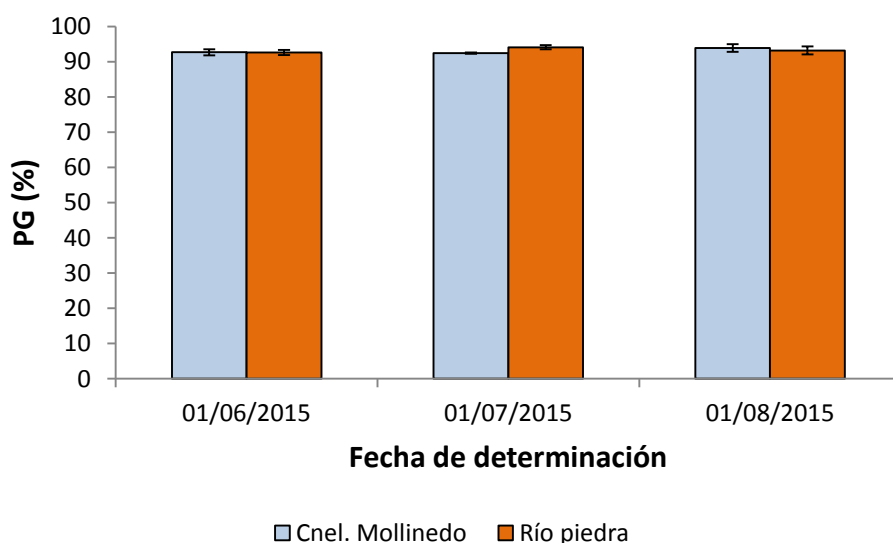


Figura 21. Valores del poder germinativo de la semilla almacenada en silo-bolsa luego de 26, 56 y 86 días de almacenamiento para la localidad de Coronel Mollinedo y de 20, 50 y 80 días de almacenamiento en la localidad de Río Piedra.

### *Viabilidad por tinción con Tetrazolio (T)*

A efectos de corroborar los datos de viabilidad obtenidos mediante la prueba de germinación estándar, se procedió a realizar la prueba bioquímica de Tetrazolio. En la figura 22 se puede observar que los porcentajes de viabilidad en Coronel Mollinedo fueron 91, 96 y 94% para el 01/06, 01/07 y 04/08 de 2015, respectivamente y en Río Piedra, 95, 96 y 93 para el 01/06, 01/07 y 04/08 de 2015, respectivamente (Fig. 22). Excepto en la primer fecha de determinación los valores obtenidos fueron semejantes; no se encontraron diferencias significativas para esta prueba entre las localidades del ensayo ( $p=0,5232$ ).

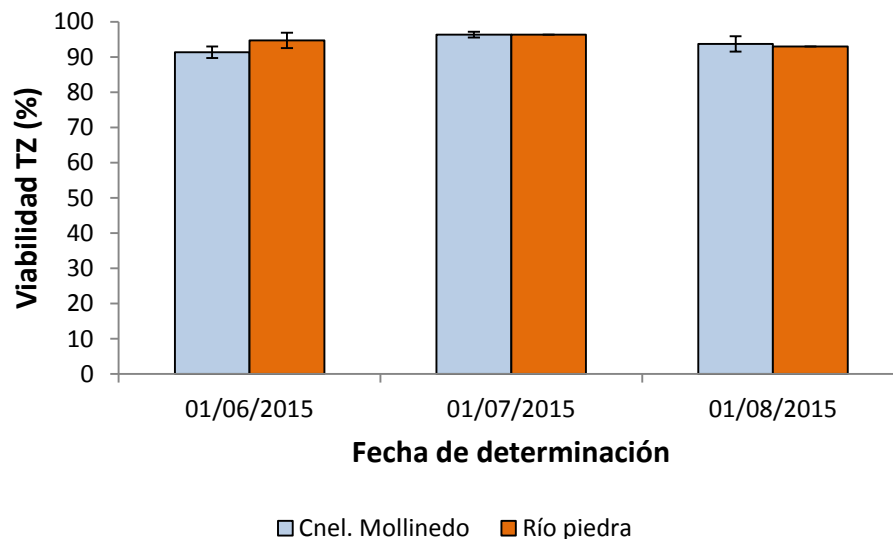


Figura 22. Valores de viabilidad de la semilla almacenada en silo-bolsa luego de 26, 56 y 86 días de almacenamiento para la localidad de Coronel Mollinedo y de 20, 50 y 80 días de almacenamiento en la localidad de Río Piedra.

#### *Vigor de las semillas por Tetrazolio (VTz)*

Los valores de VTz para las semillas almacenadas en silo-bolsa en Coronel Mollinedo, fueron de 86, 89 y 86% para el 01/06, 01/07 y 04/08 de 2015, respectivamente y en Río Piedra, 90, 90 y 87 para el 01/06, 01/07 y 04/08 de 2015, respectivamente (Fig. 23). No registrándose diferencias estadísticas entre localidades ( $P=0,237$ ). Como era previsible, los valores de vigor fueron inferiores a los registrados para viabilidad, para todas las fechas y en ambas localidades ya que, como se explicara anteriormente, las condiciones de determinación son más exigentes que para evaluar la viabilidad del lote de semillas. No obstante, para ambas localidades los valores de vigor no difirieron estadísticamente; fueron estables durante el tiempo de almacenamiento en silo-bolsa.

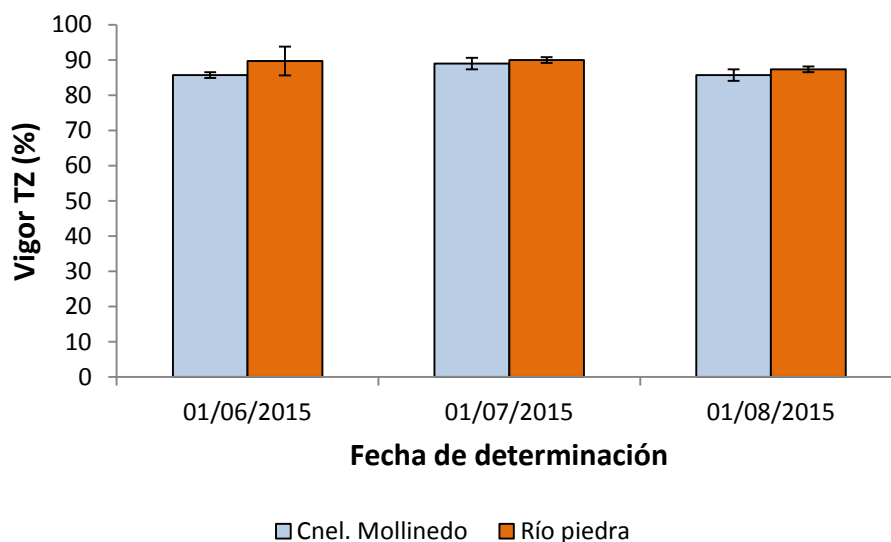


Figura 23. Valores de vigor medidos por tinción con tetrazolio de la semilla almacenada en silo-bolsa luego de 26, 56 y 86 días de almacenamiento para la localidad de Coronel Mollinedo y de 20, 50 y 80 días de almacenamiento en la localidad de Río Piedra.

#### *Vigor de las semillas por Envejecimiento acelerado (EA)*

En la Figura 24 se presentan los valores de vigor registrados para las semillas almacenadas en Coronel Mollinedo y las de Río Piedra, en este último caso no se contó con el dato de la primera fecha de medición. Para Coronel Mollinedo los valores de vigor medidos fueron 91, 88 y 89% para el 01/06, 01/07 y 04/08 de 2015, respectivamente. En tanto que para Río Piedra los registros fueron 72 y 69% para el 01/07 y 04/08 de 2015, respectivamente. Se registraron diferencias entre ambas localidades ( $p=0,0185$ ).

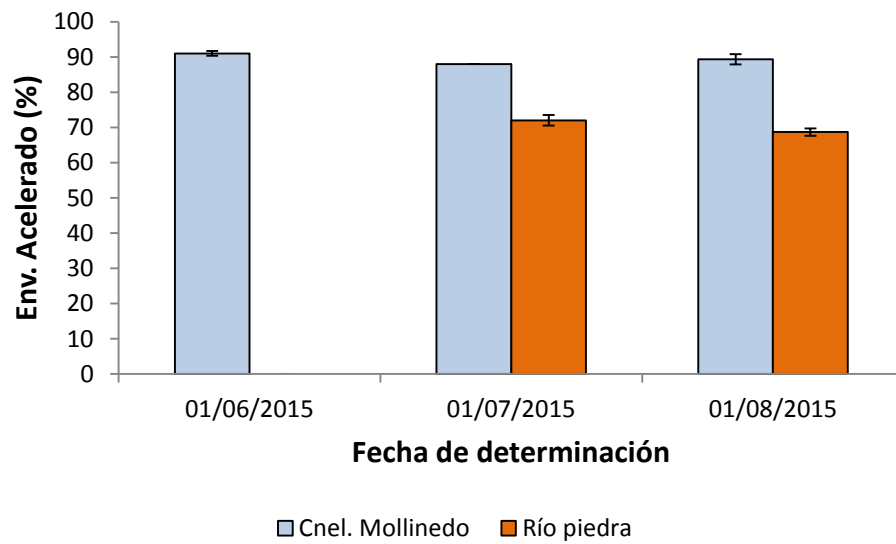


Figura 24. Valores de vigor medidos por envejecimiento acelerado de la semilla almacenada en silo-bolsa luego de 26, 56 y 86 días de almacenamiento para la localidad de Coronel Mollinedo y de 20, 50 y 80 días de almacenamiento en la localidad de Río Piedra.

## Almacenamiento del producto terminado

Las semillas cosechadas en ambas localidades permanecieron almacenadas en silo-bolsa durante 87 días en el caso de Coronel Mollinedo y 92 días en Río Piedra. A partir de ese momento fueron extraídas de cada silo-bolsa y procesadas para obtener el producto terminado que se dispuso en bolsas de polipropileno de 40 kg cada una. Un grupo de bolsas se almacenaron en galpón a temperatura ambiente y el grupo restante se llevó a cámara fría a 10°C.

Durante la permanencia de las bolsas en ambas condiciones de almacenamiento se procedieron a realizar periódicamente las determinaciones de humedad y temperatura de las semillas, poder germinativo, viabilidad y vigor.

## Almacenamiento en galpón

Las mediciones sobre las semillas almacenadas en galpón se realizaron el 15/09/15, 04/11/15 y 29/02/16.

### *Humedad de la semilla (H)*

En la Fig. 25 se muestra la evolución del porcentaje de humedad para las dos localidades. Se puede apreciar que la H se encuentra entre el 13 y 11% y que se registra una leve pérdida de humedad a lo largo del tiempo de almacenamiento (Fig. 25). Para esta variable no se encontraron diferencias significativas entre las localidades ( $p=0,0585$ )

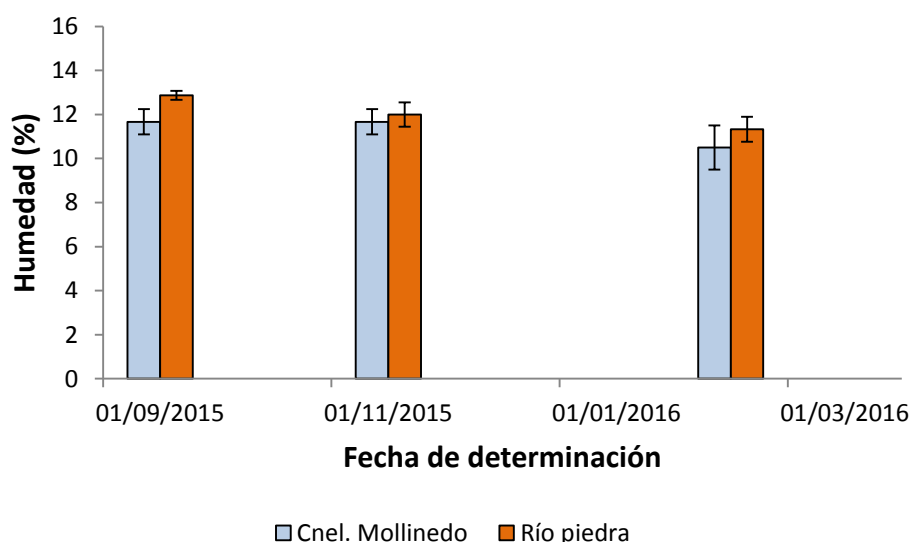


Figura 25. Contenido de humedad de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de galpón en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

### *Temperatura de la semilla (T)*

En la figura 26 se observa la evolución de la temperatura de las semillas almacenadas en galpón para las dos localidades a través del tiempo. Para ambas localidades se verificó un incremento en la temperatura en la última determinación (29/02/16) acorde a los aumentos térmicos estacionales (Fig. 26). El menor valor medido fue de 23,3°C y correspondió a la localidad de Río Piedra para el 01/09/15, en tanto que el valor máximo registrado fue de 28,5°C en Coronel Mollinedo el 29/02/16. No se registraron diferencias significativas para temperatura entre localidades ( $p= 0,3521$ ).

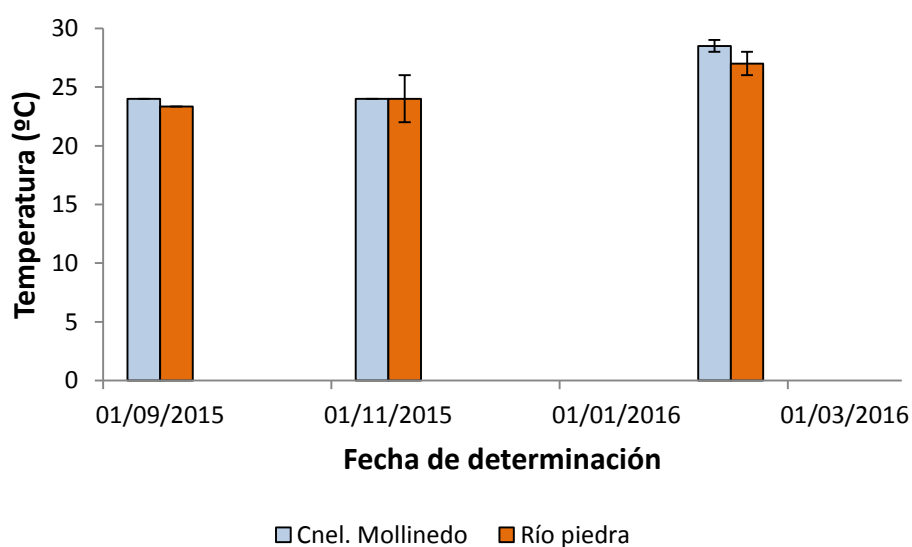


Figura 26. Valores de temperatura de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de galpón en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

### *Poder Germinativo (PG)*

En la figura 27 se observa la evolución del poder germinativo de las semillas almacenadas en bolsas de polipropileno y mantenidas en galpón a temperatura ambiente en Coronel Mollinedo y Río Piedra entre los meses de Setiembre y Febrero. En ambas localidades el valor de poder germinativo se mantiene por arriba del 92% para las fechas del 14/09 y 04/11. En tanto que para las determinaciones del 29/02, se produjo una disminución del PG a 87 y 76% para las semillas almacenadas en Coronel Mollinedo y Río Piedra, respectivamente (Fig. 27). Si bien el análisis estadístico entre localidades no tuvo diferencias significativas ( $p= 0,7125$ ) el valor de PG mínimo con el que se pueden comercializar las semillas de soja es 80%, por lo tanto la semilla almacenada en Río Piedra cayó, en el mes de febrero, por debajo del valor límite permitido.

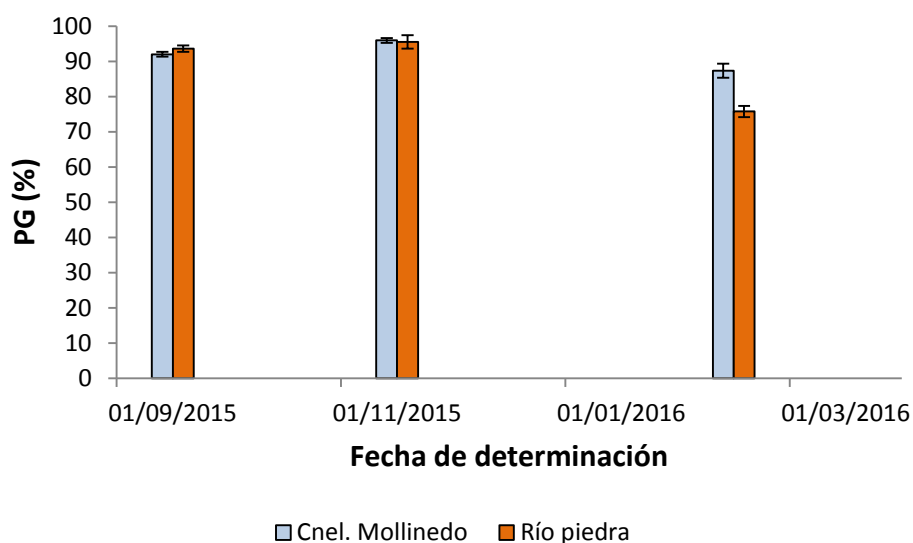


Figura 27. Poder germinativo de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de galpón en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

### *Viabilidad por tinción con Tetrazolio. (Tz)*

La figura 28 muestra, para las dos localidades estudiadas, la viabilidad de las semillas almacenadas en galpón, medidas mediante el test de tetrazolio. Los datos obtenidos mediante esta técnica fueron muy similares a los registrados a través del poder germinativo, además de un claro descenso en los valores para la última fecha (29/02), especialmente en la localidad de Río Piedra (Fig. 28). Como para el caso anterior, no se encontró diferencia significativa entre localidades ( $p= 0,5274$ ).

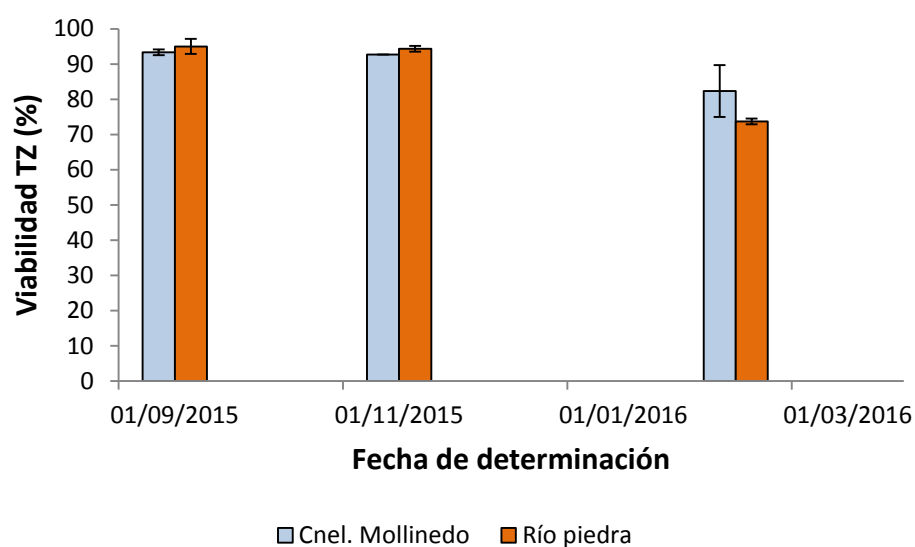


Figura 28. Viabilidad de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de galpón en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

### *Vigor de las semillas por Tetrazolio (VTz)*

En la Figura 29 se observa el vigor de las semillas almacenadas en galpón en las localidades estudiadas. En Coronel Mollinedo los valores medidos para las fechas 15/09, 04/11 y 29/02 fueron 86, 86 y 66% respectivamente, mientras que en Río Piedra el vigor fue 89, 87 y 42% respectivamente (Fig. 29). El análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre localidades ( $p=0,0312$ )

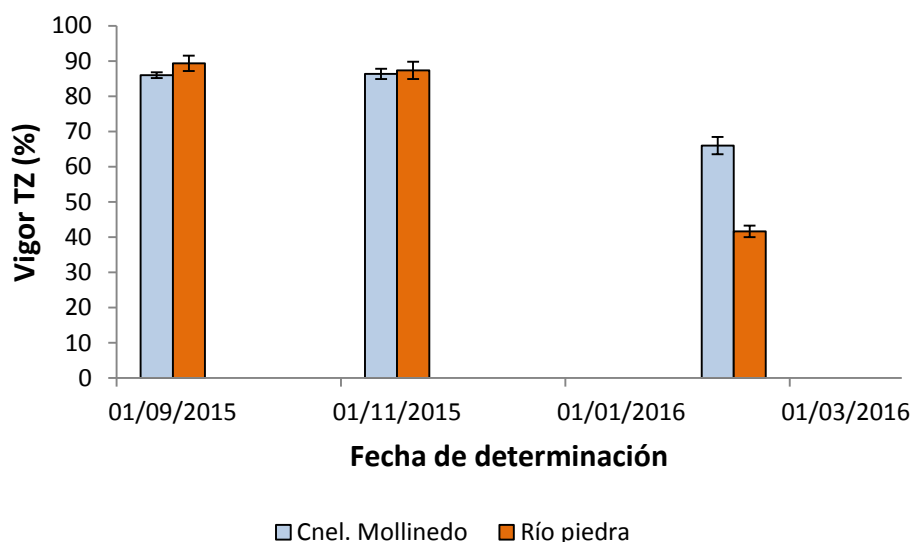


Figura 29. Vigor medido por tinción con tetrazolio de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de galpón en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

### *Envejecimiento acelerado (EA)*

El más exigente de los estudios de calidad fisiológica de las semillas correspondió al análisis de envejecimiento acelerado. En la figura 30 se puede observar la evolución de los porcentajes de vigor obtenidos mediante dicha técnica. Para las fechas 15/09, 04/11 y 29/02 los valores para la localidad de Coronel Mollinedo fueron 93, 91 y 43%, respectivamente, en tanto que para Río Piedra fueron 75, 43 y 3%, respectivamente (Fig. 30). En este análisis se detectaron diferencias significativas entre las localidades ( $p= 0,0225$ ).

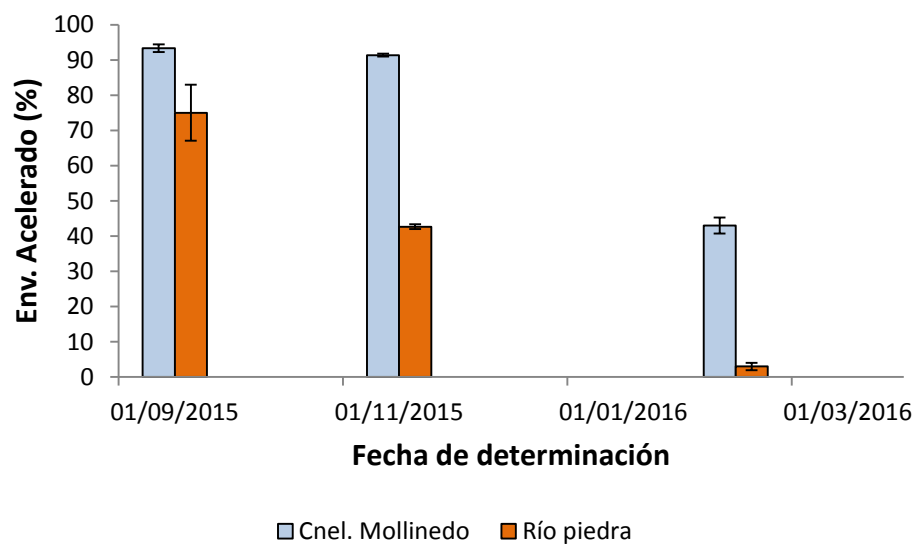


Figura 30. Vigor medido por envejecimiento acelerado, de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de galpón en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

## Almacenamiento en cámara fría

### *Humedad de la semilla (H)*

La figura 31 muestra el contenido de humedad de las semillas almacenadas en bolsas de polipropileno y mantenidas en cámara fría (10 °C). El valor más bajo registrado fue de 11% y correspondió a la primera determinación (15/09) para ambas localidades. Los valores aumentaron hasta 13% en la segunda fecha (04/11) para las dos localidades y en la última medición (29/02) disminuyeron a 12 y 11% para Coronel Mollinedo y Río Piedra, respectivamente (Fig. 30). No se detectaron diferencias significativas entre las localidades estudiadas ( $p=0,9631$ ).

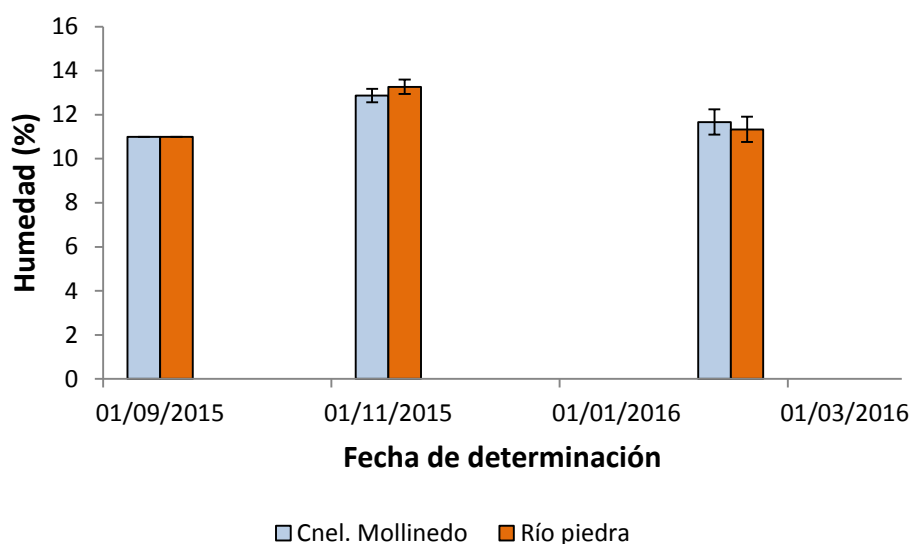


Figura 31. Contenido de humedad de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de cámara fría (10 °C) en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

### *Temperatura de la semilla (T)*

En la figura 32 se observan los valores de T de las semillas provenientes del almacenamiento en cámara fría, en las localidades de Coronel Mollinedo y Río Piedras. Como era esperable las semillas mantuvieron un valor uniforme de temperatura a lo largo de las distintas mediciones, oscilando entre 10 y 12 °C (Fig. 32); no se detectaron diferencias significativas ( $p= 0,5794$ ).

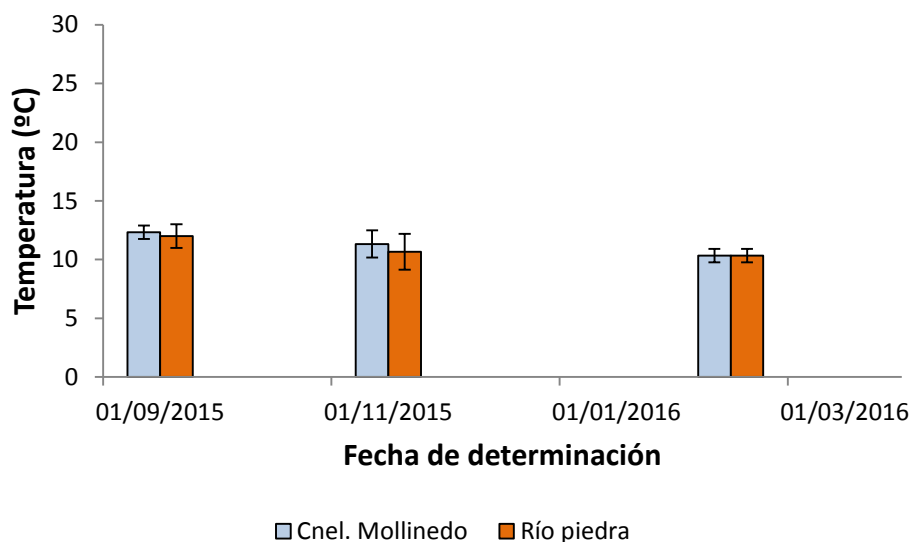


Figura 32. Valores de temperatura de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de cámara fría (10 °C) en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

#### Poder Germinativo (PG)

En la figura 33 se presenta la evolución del poder germinativo de las semillas almacenadas en cámara fría en las dos localidades. Las semillas almacenadas en Coronel Mollinedo presentaron un PG de 88% el 15/09, los valores medidos el 04/11 y el 29/02 fueron de 93% para ambos momentos. El incremento en 5% del PG a lo largo del tiempo podría obedecer a algún tipo de error experimental, ya que lo esperado era que el valor disminuyera con el tiempo o bien se mantuviera. Los datos obtenidos en las semillas almacenadas en Río Piedra presentaron valores más estables, ellos fueron 93, 94 y 95% de PG para la primera, segunda y última fecha de evaluación, respectivamente (Fig. 33). Del análisis estadístico entre localidades no se encontraron diferencias significativas para la variable analizada ( $p= 0,1072$ ).

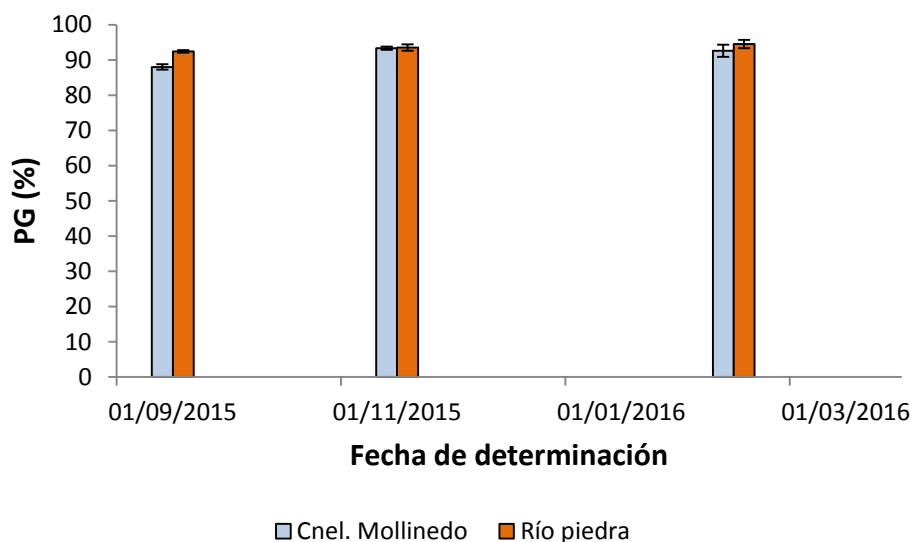


Figura 33. Poder germinativo de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de cámara fría (10 °C) en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

#### *Viabilidad por tinción con Tetrazolio. (Tz)*

En la figura 34 se observa la viabilidad de la semilla almacenada en cámara fría para las dos localidades analizadas. Se registraron valores de 94, 95 y 92% en las semillas de Coronel Mollinedo y de 95, 95 y 93% para semillas almacenadas en Río Piedra para el 15/09, 04/11 y 29/02, respectivamente. En ambos estos casos la tendencia fue la esperada, los mayores valores se registraron en la primera determinación (15/09) y un leve descenso en las siguientes mediciones. No se detectaron diferencias significativas entre las localidades ( $p=0,6526$ ).

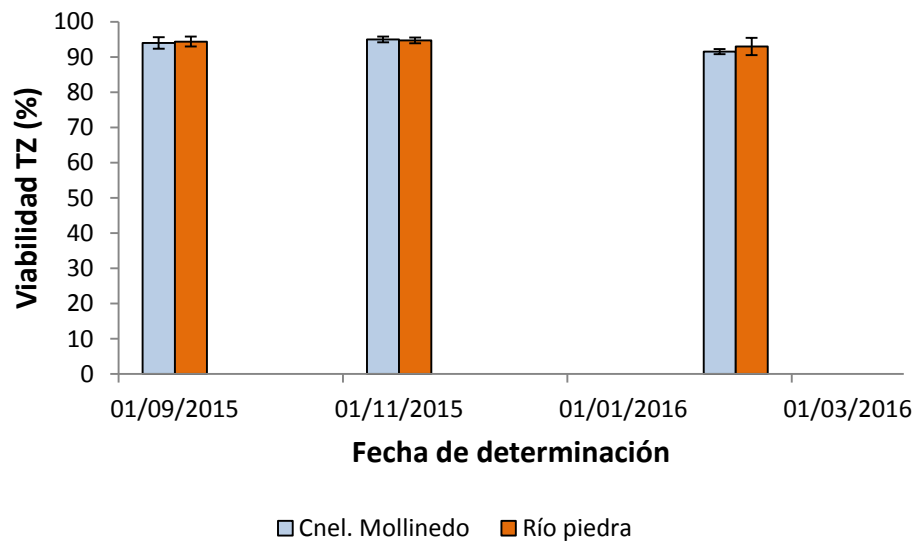


Figura 34. Viabilidad de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de cámara fría (10 °C) en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

#### *Vigor de las semillas por Tetrazolio (VTz)*

El % de vigor de las semillas almacenadas en cámara fría en ambas localidades analizadas se presenta en la Figura 35. Se puede observar que para Coronel Mollinedo los valores medidos fueron 87, 88 y 86% para el 15/09, 04/11 y 29/02, respectivamente. Para Río Piedra, los valores medidos fueron 89, 86 y 85% para la primera, segunda y última fecha de medición, respectivamente. En este caso no se registraron diferencias significativas entre localidades ( $p=0,649$ )

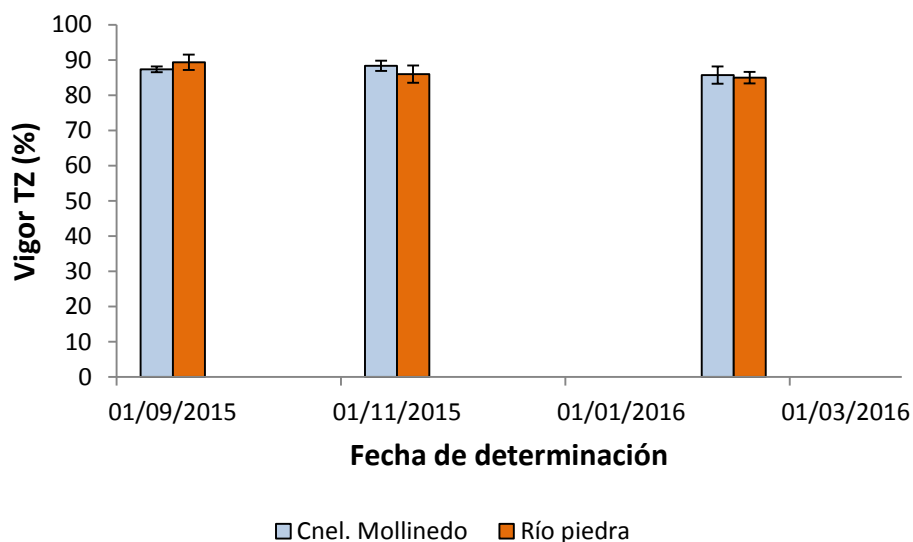


Figura 35. Vigor medido por tinción con tetrazolio, de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de cámara fría (10 °C) en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

#### *Envejecimiento acelerado (EA)*

En la figura 36 se puede observar la evolución de los porcentajes de vigor, medido mediante el test de envejecimiento acelerado, de las semillas que fueron almacenadas en cámara fría en las dos localidades estudiadas. El vigor tiene un comportamiento inverso con respecto al tiempo de almacenamiento muy marcado. Los valores iniciales fueron distintos: 90% para Coronel Mollinedo y 77% para Río Piedra; en ambas localidades disminuyó en la última medición a 81 y 71%, respectivamente. En este caso se encontraron diferencias significativas entre localidades ( $p= 0,0039$ ).

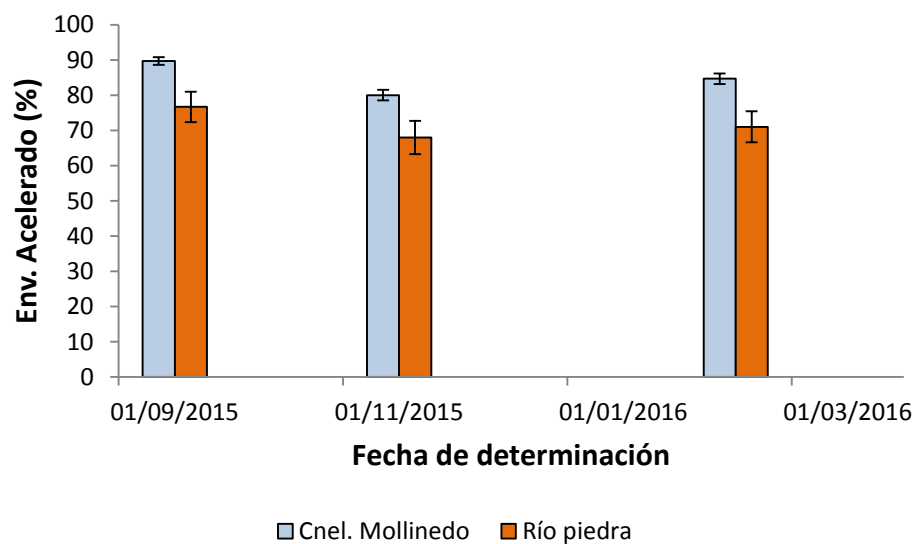


Figura 36. Vigor medido por envejecimiento acelerado, de las semillas acondicionadas y almacenadas en bolsas de 40 kg, dentro de cámara fría (10 °C) en las localidades de Coronel Mollinedo y de Río Piedra.

## DISCUSIÓN

En la Provincia de Salta, la producción de semillas de soja con destino a simiente tropieza con el inconveniente de una baja oferta de plantas para su acopio. Frente a esta realidad se ha vuelto una práctica habitual mantener las semillas en silo-bolsa hasta la próxima siembra. Este tipo de almacenamiento presenta algunos interrogantes respecto a su eficiencia para mantener los parámetros de calidad fisiológica de las semillas, sobre todo si se considera que las semillas están separadas del medio ambiente por una delgada película de polietileno de aproximadamente de 235  $\mu\text{m}$  de espesor. Además, las condiciones ambientales durante el ensayo sentaron una marcada alternancia de temperaturas (Fig. 17) y variaciones particulares de humedad generada por las precipitaciones (Tabla 2), factores que se consideran decisivos sobre el deterioro de la calidad de las semillas ortodoxas (Harrington, 1972).

La cosecha de semillas de soja con 13 a 15% de humedad determinaría que no necesiten secado artificial previo a su almacenamiento. De este modo, se puede optimizar la calidad y cantidad de semillas producida en el campo haciendo el proceso más rápido y con menores costos, así como también una adecuada coordinación con la planta clasificadora.

La máxima calidad de las semillas, tal como se define por la capacidad de germinación y por el vigor, se alcanza en la madurez fisiológica (Bewley y Black, 1994); más allá de esta etapa, la semilla se deteriora irreversiblemente. Las semillas de soja alcanzan el punto de madurez fisiológica, aproximadamente, con el 50% de humedad (Crookston and Hill, 1978). En la zona estudiada se requieren de dos a tres semanas para disminuir la humedad desde madurez fisiológica hasta valores del 13-15% de humedad.

En este experimento, las semillas ingresaron a los silo-bolsa con 13 a 14% de humedad (Tabla 3), coincidente con los valores recomendados para conseguir un adecuado almacenamiento.

La temperatura con la que la masa de semillas ingresó a los silo-bolsa osciló entre 24 y 26°C (Tabla 3), superior a los valores recomendados por Abbasi Surki, *et al.* (2012) quienes consideran que para mantener aceptable la calidad de las semillas de soja necesitan ser almacenadas a una temperatura inferior a

20 °C. Por su parte, el nivel de daño producido durante la cosecha y evaluado mediante la técnica de hipoclorito, arrojó valores por debajo del 5% (Tabla 3), pudiendo considerarse que no hubo impacto de daño mecánico en las semillas al principio del ensayo.

Respecto a la calidad fisiológica de las semillas durante el almacenamiento en silo-bolsa, tanto el poder germinativo como la viabilidad de las semillas mantuvieron valores superiores al 90% tanto en Coronel Mollinedo como para Río Piedra (Fig. 20 y 21). Las pruebas de vigor por tinción con tetrazolio también arrojaron valores superiores al 85% durante todo el ensayo, valor que es considerado por las empresas productoras de semillas como límite inferior de calidad (Fig. 22). Cuando se comparó la evolución de los resultados obtenidos con las pruebas de tetrazolio en ambas localidades, no se dispuso del dato inicial en Río Piedra.

Los valores de EA obtenidos a través del tiempo mostraron una caída significativa del vigor por envejecimiento acelerado en Río Piedra (Fig. 23) ubicándose por debajo del límite pretendido por los estándares internos de calidad (85%). En ambas localidades la humedad y nivel de daño fueron similares, por lo que, la disminución de vigor registrada en las semillas almacenadas en Río Piedra podría atribuirse a variaciones en el ambiente interno del silo-bolsa durante la permanencia de las semillas, más que a las condiciones con que ingresaron al almacenaje.

Ochandio (2008) relacionó la condición del grano de soja almacenada en silo-bolsa y el contenido de CO<sub>2</sub>, en su trabajo concluye que la concentración de CO<sub>2</sub> detectada aumenta con la humedad, el tiempo de almacenamiento, la temperatura y el nivel de impurezas del grano. Así, el aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> resultaría en pérdida de calidad de las semillas. En ambas localidades, las semillas cosechadas fueron directamente introducidas en los silo-bolsa sin más limpieza que la producida por las zarandas durante el proceso de trilla. Las semillas no pudieron separarse totalmente de la materia inerte tales como pedazos de tallos, vainas, basuras, paja, semillas inmaduras ni de semillas de malezas recolectadas durante la cosecha. La condición de limpieza de los distintos campos de producción podrían haber generado una carga diferencial de materia inerte en los silo-bolsa. Además, en Río Piedra, los

ñandúes (*Rhea americana*), habitantes comunes en la zona, produjeron roturas en los silo-bolsa. Si bien los orificios generados no afectaron la superficie total de la cubierta, provocaron la pérdida de hermeticidad de almacenaje. Este atributo es condición fundamental en el almacenaje en silo-bolsa para la conservación de semillas en el tiempo, dado que el consumo de O<sub>2</sub> durante las primeras etapas de almacenamiento en condiciones de hermeticidad reduce los procesos respiratorios (Ochandio, 2014). Por otro lado, tanto el ingreso de humedad desde el suelo como de agua de lluvia, podrían haber sido favorecidos durante el período de almacenamiento, generando focos fermentativos con el consiguiente aumento de temperatura dentro del silo-bolsa, factores que finalmente condicionaron la calidad de las semillas.

### **Análisis de la calidad fisiológica de las semillas mantenidas en galpón.**

Luego de, aproximadamente, tres meses de permanencia en silo-bolsa, las semillas fueron extraídas, acondicionadas y envasadas en bolsas de polipropileno de 40 kg cada una, para posteriormente ser mantenidas en galpones en condiciones de temperatura ambiente o en cámara fría a temperatura constante (10°C).

Durante el almacenamiento en galpón, los valores de valores de humedad de las semillas se mantuvieron dentro del rango de seguridad comprendido entre el 10 y 15% durante todas las fechas evaluadas y en las dos localidades. Por el contrario, los valores de T de las semillas estuvieron por encima de 20°C, en concordancia con incrementos de la temperatura ambiente, la que alcanzó en la última determinación (29/02), los máximos valores experimentales registrados (28,5 °C en Coronel Mollinedo y de 27 °C en Río Piedra).

Todos los parámetros de calidad fisiológica analizados (PG, viabilidad, vigor por tetrazolio y por envejecimiento acelerado) no se modificaron durante la primera fecha de evaluación. Las semillas almacenadas en silo-bolsa no sufrieron deterioro durante los 41 días transcurridos entre el 04/08 (último análisis en silo-bolsa) y el 14/09 (primer análisis en galpón) en las dos localidades estudiadas.

En la segunda fecha de evaluación, luego de 93 días de almacenamiento en galpón y próximo a la fecha de siembra de la nueva campaña, los valores de

los parámetros de calidad fisiológica analizados se mantuvieron prácticamente invariables respecto a la fecha anterior, a excepción del test de envejecimiento acelerado para las semillas almacenadas en Río Piedra, que disminuyó a 43% muy por debajo del límite del estándar interno de la empresa (85%).

En la tercera fecha de evaluación (29/02), luego de 118 días de almacenamiento en galpón y donde esas semillas sólo tendrán como destino su siembra el año siguiente, (carryover), todas las variables de calidad fisiológica analizadas registraron los menores valores del ensayo. La disminución de calidad fue más pronunciada en las semillas almacenadas en Río Piedra, ubicando a este lote de semillas fuera del rango de aceptabilidad para una futura siembra.

Posiblemente el daño causado en la cubierta de los silo-bolsa de Río Piedra que determinaron la pérdida de hermeticidad y facilitaron el humedecimiento de determinados sectores de los mismos, sumado a mayores precipitaciones respecto a lo que sucedió en Coronel Mollinedo, podrían haber condicionado diferencialmente el deterioro de las semillas. Sumado a ello, los elevados valores térmicos que sufrieron las semillas mantenidas en galpón, podrían haber acelerado la caída del vigor (Fig. 29).

#### **Análisis de la calidad fisiológica de las semillas mantenidas cámara fría.**

Las semillas mantenidas en condiciones de temperatura controlada presentaron valores muy estables y similares de humedad y temperatura, los que oscilaron entre 10 y 12% H y entre 10 y 12°C.

Los valores de todos los parámetros medidos para evaluar la calidad fisiológica de las semillas mantenidas en cámara fría por 118 días, superaron los límites de aptitud para su futura siembra para la semilla proveniente de Coronel Mollinedo. En el caso de la semilla proveniente de Río Piedra, el valor inicial de vigor (75%) ya se encontraba por debajo del límite deseable, aunque, en condiciones controladas (cámara 10°C) este valor se mantuvo sin grandes variaciones durante todo el período del ensayo.

La humedad y la temperatura son consideradas como los factores más condicionantes del deterioro de las semillas ortodoxas. En función de ello, la posibilidad de almacenar semillas de soja en ambientes controlados,

manteniendo la temperatura en valores cercanos a 10 °C en una atmósfera de baja humedad relativa, permite conservar los atributos de calidad fisiológica de a través del tiempo, lo que pone de relieve la importancia de producir semilla que desde el campo presente valores de calidad superiores los que serán necesarios conservar profesionalmente durante el período en las que la semilla se encuentre almacenada, poniendo especial cuidado en las condiciones ambientales.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos permiten concluir que:

- La etapa de almacenamiento en silo-bolsa fue adecuada para mantener, relativamente estable la calidad fisiológica de las semillas, durante el período estudiado (mayo a agosto).
- La etapa de almacenamiento del producto terminado en galpón fue adecuada para mantener los parámetros de calidad fisiológica de las semillas hasta el momento de la siembra.
- Las semillas que no fueron sembradas y se mantuvieron en cámara fría fueron las únicas capaces de mantener la calidad fisiológica durante el tiempo que estuvieron en condiciones controladas de temperatura (118 días).
- En este experimento no fue posible asegurar la calidad de las semillas que constituyeron el carryover hasta la próxima campaña.
- El almacenamiento en galpón (condiciones ambientales) no fue adecuada para conservar semillas con destino carryover.

Es evidente, de acuerdo a los resultados obtenidos, que la posibilidad de mantener humedad y temperatura en valores estables y bajos (10 – 12% HR y 10°C) permitió desacelerar la tasa de deterioro de las semillas, respecto a lo que sucedió cuando las mismas fueron almacenadas en las condiciones ambientales naturales donde se realizó el ensayo (SE de la provincia de Salta). Esto es una ratificación más de lo expresado por Delouche (1968) quien definió al deterioro de la semillas como un proceso inexorable que no puede ser revertido, y sólo su velocidad puede ser retrasada controlando las condiciones de almacenamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Abbasi Surki, A.; Sharifzadeh, F. and Tavakkol Afshari, R., 2012. Effect of drying conditions and harvest time on soybean seed viability and deterioration under different storage temperature. African Journal of Agricultural Research Vol. 7(36), pp. 5118-5127.

ACSOJA Asociación de la Cadena de la Soja, 2016. Impacto de la soja en la economía Argentina, 10 años de ACSOJA. <http://www.acsoja.org.ar/images/El-impacto-de-la-soja-en-la-economia-argentina-en-los-ultimos-10-anos.pdf>

APROSOJA Brasil.Associação Brasileira dos Produtores de Soja, 2014 A História da soja.<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>

Bass, L.N., 1973. Controlled Atmosphere and Seed Storage. Seed Science Technology 1:463-492.

Bewley, J.D. and Black, M. (1994). Development, regulation and maturation. En: Seeds Physiology of Development and Germination. Second edition. Cap. 3. pp. 117-145 Plenum Press. New York. USA.

Bolsa de Cereales, Buenos Aires. Panorama Agrícola Semanal Estimaciones Agrícolas, Relevamiento semanal. <http://www.bolsadecereales.com/pas>

Bolsa de Comercio de Rosario, BCR, 2017. **GEA** Guía Estratégica para el Agro <https://www.bcr.com.ar/Pages/GEA/estimaProd.aspx?idInforme=526>

Bravo, G.; Bianchi, A.; Volante, J.; Alderete Salas, S.; Sempronii, G.; Vicini, L.; Fernández, M.; Lipshitz, M. y Piccolo, A., 1999. Regiones Agroeconómicas del Noroeste Argentino. Primeras Jornadas del SIG. INTA – UNSE Gobierno de Santiago del Estero. Disco compacto.

Craviotto, R. M.; Arango Perearnau, M y Gallo C.; 2011. Calidad de Simiente de Soja. WorkshopV Congreso de Soja del MERCOSUR, I Foro de la Soja Asia-Mercosur, Mercosoja 2011. Rosario, Argentina, del 14 al 16 de septiembre de 2011. Rosario, Argentina. Libro digital de trabajos científicos (CD) E23.

Crookston, R.K. and Hill, D.S. (1978) A visual indicator of the physiological maturity of soybean seed. Crop Science 18:867-870.  
crop science, vol. 53:1086–1095

Delouche, J. C. 1981. Environmental effects on seed production and quality. Proceeding 1981 Short Course for Seedsmen. Seed Technology Laboratory, Mississippi State University. Vol. 23.

Delouche, J.C. 1968. Precepts of seed storage. Proceedings of the Mississippi State Seed Processors Shortcourse. 1973:93-122.

Dougnac, G.M. 2011. Apuntes acerca de la historia de la soja en la Argentina. Elementos para delinear experiencias comparadas. (CIEA, IIHES, UBA) artículo: <http://www.econ.uba.ar/www/servicios/Biblioteca/bibliotecadigital>

EAOC (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres). Soja en el NOA – 2015 El Cultivo de Soja en el Noroeste Argentino, Campaña 14-15. Publicación Especial N° 51 - Septiembre de 2015.

<http://www.eeaoc.org.ar/publicaciones/categoria/16/548/Soja-en-el-NOA---2015.html>

El-Abady, M.I.; El-Emam, A.A.M.; Seadh, S.E. and Yousof, F.I.; 2012. Soybean Seed Quality as Affected by Cultivars, Threshing Methods and Storage Periods. Research Journal of Seed Science 5 (4): 115-125.

Gallo, C.; França-Neto, J.B; Arango, M.; Gonzalez, S.; Francomano, V.; Carracedo, C.; Costa, O.; Alves, R.; Magnano, L.; Craviotto, R., 2016. Prueba de Tetrazolio como Método de Vigor para semillas de *Glycinemax*. Propuesta de Validación del Método para ISTA. Para mejorar la producción, 54. Publicación de INTA Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, Oliveros, Argentina. 105-114.

Galván, M.E., 2001.El Cultivo de la Soja en el NOA. INTA. Centro Regional NOA. EEA Salta.

Harrington, J.F. 1959. The value of moisture resistant containers in vegetable seed packaging. Cal. Agric. Exp. Stat. Bull. 792:1–23.

Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity, p. 145-245. In: T.T. Kozlowski (ed.). Seedbiology, vol. III. Academic. New York.

InfoStat, 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

INTA, 2009. Almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Resultados de investigación Convenio de Vinculación Tecnológica: INTA – Empresas Fabricantes de Bolsas Plásticas. INTA - PRECOP II. INTA E.E.A. Manfredi, Córdoba (AR)

ISTA, 2016. International Rules for Seed Testing Vol. 2016, Full Issue i–19-8 (284) <http://doi.org/10.15258/istarules.2016.F>

Justice, O.L., and L.N. Bass. 1978. Principle and practices of seed storage. Agricultural handbook no. 506. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Mbofung, G.C.Y, Goggi, A.S., Leandro L.F.S. and Mullen R.E., 2013. Effects of Storage Temperature and Relative Humidity on Viability and Vigor of Treated Soybean Seeds

Navarro y Donahaye, (2005) Innovative Environmentally Friendly Technologies to Maintain Quality of Durable Agricultural Produce. In: Shimshon Ben-Yehoshua (Eds) pp 203-260

Ochandio D.C., 2008. Factores que afectan la concentración de CO<sub>2</sub> en soja almacenada en bolsas plásticas herméticas. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Ochandio, D.C., 2014. Tasa Respiratoria de Granos de Soja (*Glycine max*) Almacenados Herméticamente. Trabajo de tesis para optar al título de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tonnellier, A.C. 1912 La soja hispida. Boletín del Ministerio de Agricultura de la Nación. Bs. As.

USDA. Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 2016. Informe del mes de mayo de 2016 sobre oferta y demanda de granos a nivel mundial. Campaña 2015-2016. <http://www.granar.com.ar/nota.asp?cid=46849>

Volante, J.N.; Bianchi, A.R.; Paoli, H.P.; Noé, Y.E.; Elena, H.J. y Cabral, C.M., 2005. Análisis de la Dinámica de Uso del suelo Agrícola del Noroeste Argentino Mediante Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Período 2000-2005. Información para la planificación y el ordenamiento territorial. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.