



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela para Graduados



**EFFECTO DE LA TECNOLOGÍA DE INCRUSTADO
SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE
GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)**

Cyntia L. Szemruch.

Tesis
Para optar al Grado Académico de
Magister en Ciencias Agropecuarias
Mención: Tecnología de Semillas

Córdoba, 2011

EFFECTO DE LA TECNOLOGÍA DE INCRUSTADO SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)

Cyntia L. Szemruch.

Comisión Asesora de Tesis

Director: Ing. Agr. (Dra.) Liliana Ferrari

Asesores: Ing. Agr. (Msc.) Mónica Liliana Murcia (Codirector)

Ing. Agr. (Msc.) Susana Aráoz

Tribunal Examinador de Tesis

Ing. Agr. (Msc.) Susana Aráoz

Ing. Agr. (Msc.) Mónica Murcia

Ing. Agr. (Msc.) María Eugenia Toselli

Presentación formal académica:

11 de agosto de 2011
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Córdoba

Agradecimientos

A mi familia, mi madre y mis hermanos, por brindarme su amor, infinito apoyo y por ayudarme a perseguir todos mis sueños.

A la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, por permitirme continuar con mi formación profesional.

A los miembros de la Junta Académica, por su invaluable y afectuosa predisposición a todas las solicitudes realizadas.

A mi directora Ing. Agr. (Dra.) Liliana Ferrari, por haber depositado su confianza en mí para realizar este proyecto y por su incalculable generosidad.

A la Ing. Agr. (MSc.) Mónica Murcia, por su ejemplar valentía y al Ing. Agr. Daniel Introna, por sus valiosos aportes.

A la Ing. Agr. (MSc.) Susana Aráoz, por su inmejorable predisposición y por la excelente calidad de sus consideraciones.

A mis compañeras de trabajo Ing. Agr. María Elena Olivera e Ing. Agr. Estela Postulka, por su apoyo incondicional sin el cual no hubiera podido realizar esta tarea.

A mis compañeros de maestría, por su agradable y desinteresada compañía.

A todos y cada uno de los profesores de la maestría, por la excelencia de sus clases y admirable vocación.

A la Dra. Olga Del Longo, por sus valiosas contribuciones y sugerencias.

Resumen

La siembra de precisión de las semillas de menor calibre de girasol (*Helianthus annuus*. L) se ve dificultada por la gran variabilidad en su tamaño y forma. El incrustado podría resolver este problema a través de la acumulación gradual de capas de adhesivo y material inerte. A pesar de ello, esta tecnología puede afectar la calidad fisiológica de diferentes semillas mediante demoras en la imbibición, impedimentos físicos para la emergencia de la radícula y desencadenamiento inadvertido de la germinación. Los objetivos fueron i) Determinar el efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica de semillas de girasol, ii) Establecer las causas de la variación en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol, iii) estudiar la influencia del incrustado en la calidad fisiológica de las semillas de girasol durante el almacenamiento. Los tratamientos aplicados fueron, incrustado con talco, incrustado con carbonato, incrustado con talco + insecticida + fungicida, insecticida + fungicida, insecticida, fungicida y testigo. Los ensayos de germinación se realizaron en cámara a 25 °C continuos durante diez meses. Los datos fueron analizados mediante ANAVA y el test DGC. El incrustado causa beneficios en la generación de radículas y el peso de plántulas sin afectar adversamente el porcentaje y la velocidad de crecimiento de plántulas. El incremento en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas está vinculado a modificaciones en su capacidad de absorción de agua. Por tal razón, para las condiciones de este estudio, el acortamiento en la fase I de germinación sería una de las razones que podría explicar el aumento en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol. Además de ello, se demostró que el incrustado actúa en forma comparable al efecto pregerminativo que resulta de la aplicación de agua en cantidades excesivamente altas. Las semillas incrustadas mantienen su calidad fisiológica hasta el décimo mes de almacenamiento. Por otra parte, se observó una disminución significativa de la velocidad y el porcentaje de germinación en el tratamiento que combinó insecticida + fungicida durante todo el periodo de evaluación. Dicha respuesta se produjo a expensas de la aparición de anomalías en plántulas generada por la fitotoxicidad de los pesticidas aplicados. El presente trabajo demostró que el incrustado de las semillas de pequeño calibre puede ser realizado sin ejercer efectos nocivos sobre la calidad fisiológica de las semillas de girasol, detectando una respuesta estable hasta el décimo mes de almacenamiento.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L, incrustado, semillas, germinación.

Abstract

Precision planting of the small sunflower (*Helianthus annuus*. L) seeds is hampered by the large variability in size and shape. Seed encrusting technology could solve this problem through the gradual accumulation of layers of adhesive and inert material. However, this can affect physiological quality of different seeds by imbibition delays, physical impediments to the emergence of the radicle and inadvertent triggering germination. The objectives were i) to determinate the effect of encrusting over the physiological quality of sunflower seeds, ii) to establish the causes of variation physiological germination rate of sunflower encrusted seeds, iii) to study the influence of encrusting on physiological quality of sunflower seeds during storage. The treatments were: seeds encrusted with talc, seeds encrusted with carbonate, seeds encrusted with talc + insecticide + fungicide, insecticide + fungicide, insecticide, fungicide, and control. The germination trials were conducted in chamber at 25°C during ten months. The data were analyzed by ANOVA and DGC test. The encrusting cause benefits on radicles generation and seedling weight without adversely effects on the rate and speed of seedling growth. The increase in physiological germination rate of encrusted seeds is linked to changes in water absorption capacity. For this reason, for this study conditions, the shortening in phase I of germination would be a reason that could explain the increase in physiological germination rate of sunflower encrusted seeds. Furthermore, it was shown that the encrusting acts as a pregerminative effect similar to the application of high quantities of water. Encrusted seeds keep their physiological quality until the tenth month of storage. Moreover, a significant decrease was observed in the rate and germination percentage of the combined insecticide + fungicide treatment throughout the evaluation period. This response was due to the appearance of abnormal seedlings produced by the pesticide phytotoxicity. It was demonstrated that the encrusting of small sunflower seeds can be done without exerting harmful effects on physiological quality of sunflower seeds, detecting a stable response up to the tenth month of storage.

Key words: *Helianthus annuus* L, encrusting, seeds, germination.

Tabla de contenidos

	Pág.
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
DELIMITACIÓN DE PROBLEMA.....	3
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO 2	
EFFECTO DEL INCRUSTADO SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE GIRASOL (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	8
INTRODUCCIÓN.....	8
HIPÓTESIS.....	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Material Biológico.....	16
Material no Biológico.....	16
Métodos.....	17
Tratamientos.....	18
Metodología para los ensayos de germinación fisiológica y tecnológica.....	19
Diseño experimental y análisis estadístico.....	25
RESULTADOS.....	26
DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES.....	40
CAPÍTULO 3	
RELACIÓN ENTRE EL INCRUSTADO Y LA VARIACIÓN EN LA VELOCIDAD DE GERMINACIÓN FISIOLÓGICA DE LAS SEMILLAS DE GIRASOL (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	41
INTRODUCCIÓN.....	41
HIPÓTESIS	48
OBJETIVO GENERAL.....	49
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
Materiales.....	49

Métodos.....	50
Metodología para determinar la capacidad de absorción de los materiales inertes aislados.....	50
Metodología para evaluar la capacidad de absorción de agua de las semillas incrustadas.....	50
Metodología para determinar la relación entre la germinación fisiológica y el efecto pregerminativo del incrustado con talco sobre las semillas de girasol.....	53
Diseño experimental y análisis estadístico.....	56
RESULTADOS.....	57
DISCUSIÓN.....	70
CONCLUSIONES.....	70
CAPÍTULO 4	
INFLUENCIA DEL INCRUSTADO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE LAS SEMILLAS DE GIRASOL (<i>Helianthus annuus</i> L.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO.	
INTRODUCCIÓN.....	72
HIPÓTESIS	76
OBJETIVO GENERAL.....	76
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	76
MATERIALES Y MÉTODOS.....	76
Materiales.....	76
Métodos.....	77
Tratamientos.....	80
Diseño experimental y análisis estadístico.....	82
RESULTADOS.....	83
DISCUSIÓN.....	95
CONCLUSIONES.....	98
CAPÍTULO 5	
CONCLUSIONES GENERALES.....	99
RESÚMENES PRESENTADOS EN REUNIONES CIENTÍFICAS.....	103
LITERATURA CITADA	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Tiempo para la emergencia del 50% de las radículas, G50 (hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	28
Tabla 2.2. Velocidad de emergencia de radículas, IVG (radículas / hora), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	29
Tabla 2.3. Tasa de emergencia de radículas, T (radículas/hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	30
Tabla 2.4. Porcentaje final de semillas de girasol, incrustadas y no incrustadas, con radícula emergida, (% FR).....	31
Tabla 2.5. Energía germinativa (% de plántulas normales evaluadas a los 4 días desde la siembra) de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	32
Tabla 2.6. Tiempo para la emergencia del 50% de las plántulas, GN50 (días), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	33
Tabla 2.7. Velocidad de emergencia de plántulas, IVGN (plántulas/día), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	34
Tabla 2.8. Porcentaje de germinación, PG (%) a los 10 días desde la siembra, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	34
Tabla 2.9. Peso seco de plántulas, PSPL (mg/plántula), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	35
Tabla 3.1. Cantidad de agua absorbida por las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en cada hora de germinación (g).....	62
Tabla 3.2. Duración (hs) de las fases de germinación de semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	64
Tabla 3.3. Tasa de imbibición, (g agua/ semilla.hora), de semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	65
Tabla 3.4. Tiempo para la emergencia del 50 % de las radículas, G50 (hs), para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos.....	67
Tabla 3.5. Porcentaje final de semillas con radícula emergida, (% FR), para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos.....	68

Tabla 3.6. Porcentaje de germinación, PG (%), para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos.....	69
Tabla 4.1. Tiempo para la emergencia del 50% de las radículas, G50 (hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en los meses 0 y 10.....	83
Tabla 4.2. Tasa de emergencia de radículas, T (radículas/hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en los meses 0 y 10.....	84
Tabla 4.3. Porcentaje final de semillas de girasol, incrustadas y no incrustadas, con radícula emergida (%FR), en los meses 0 y 10.....	85
Tabla 4.4. Porcentaje de plántulas anormales (PA) obtenidas a partir de las semillas de girasol, incrustadas y no incrustadas, durante el almacenamiento.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Vista de la máquina experimental de incrustado, tipo Cimbria Heyd.....	17
Figura 2.2. Vista de (1) testigo, (2) semillas tratadas con insecticida, (3) semillas tratadas con fungicida, (4) semillas tratadas con insecticida + fungicida, (5) semillas incrustadas con talco, (6) semillas incrustadas con carbonato.....	26
Figura 2.3. Vista de (1) plántula proveniente de las semillas incrustadas con talco, (2) plántula proveniente de las semillas incrustadas con carbonato.....	27
Figura 3.1. Cantidad de agua absorbida por las semillas incrustadas y sin incrustar (expresada en gramos) durante 40 hs. Cada punto del grafico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas.....	58
Figura 3.2.1. Cantidad de agua absorbida por las semillas, semillas incrustadas, el material inerte (talco) y el testigo (expresada en gramos) desde la hora 5 hasta la hora 40. Por "Semilla" se entiende a la semilla a la cual se le eliminó el recubrimiento y por "Testigo" a aquella que no fue recubierta.....	59
Figura 3.2.2. Cantidad de agua absorbida por las semillas, semillas incrustadas, el material inerte (carbonato) y el testigo (expresada en gramos) desde la hora 5 hasta la hora 40. Por "Semilla" se entiende a la semilla a la cual se le eliminó el recubrimiento y por "Testigo" a aquella que no fue recubierta.....	59
Figura 3.2.3. Cantidad de agua absorbida por las semillas, semillas incrustadas, el material inerte (talco + insecticida + fungicida) y el testigo (expresada en gramos) desde la hora 5 hasta la hora 40. Por "Semilla" se entiende a la semilla a la cual se le eliminó el recubrimiento y por "Testigo" a aquella que no fue recubierta.....	60
Figura 3.3. Cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos incrustados sin su recubrimiento y sin incrustar expresada en gramos. Cada punto del grafico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas.....	61
Figura 3.4. Duración de las fases de germinación calculada en base a la cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos sin incrustar (g.) en función del tiempo. Los datos son similares a los de la Figura 3.3 a los que se le añadió la información contenida en la Tabla 3.1. Cada punto del	

grafico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas. Las flechas indican el momento de emergencia de radículas.....62

Figura 3.5. Duración de las fases de germinación calculada en base a la cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos con incrustado (g.) en función del tiempo. Los resultados son los mismos de la Figura 3.3 a los que se le añadió la información contenida en la Tabla 3.1. Cada punto del grafico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas. La flecha indica el momento de emergencia de radículas.....63

Figura 3.6. Cantidad de radículas emergidas hasta la hora 40 en función de la cantidad de agua absorbida por las semillas de girasol incrustadas, sin el recubrimiento, y no incrustadas.....66

Figura 3.7. Categorías provenientes del ensayo de germinación para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos. EQ: Equate ®, I: inerte. PN: plántulas normales. SM: semillas muertas. PA: plántulas anormales.....69

Figura 4.1. Velocidad de emergencia de plántulas (IVGN) originadas a partir de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en función del tiempo de almacenamiento.....86

Figura 4.2. Porcentaje de germinación (PG) de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en función del tiempo de almacenamiento.....87

Figura 4.3. Porcentaje de plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas y semillas frescas durante los meses de almacenamiento de los tratamientos A = Testigo, B = Agua, C = Insecticida + Fungicida, D = Insecticida, E = Fungicida, F = Talco, G = Carbonato y H = Talco + Insecticida + Fungicida. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas comparando entre meses al 5%, para la variable % de plántulas anormales.....88

Figura 4.4. Porcentaje de plántulas anormales con la radícula necrosada en función del tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....90

Figura 4.5. Porcentaje de plántulas anormales con la radícula atrapada por el pericarpio en función del tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....91

Figura 4.6. Porcentaje de plántulas anormales con hipocotile corto, cotiledones cubiertos por el pericarpio y radícula ausente o poco desarrollada en función del tiempo de almacenamiento, de las semillas incrustadas y no incrustadas.....92

Figura 4.7. Porcentaje de plántulas anormales con cotiledones cubiertos por el pericarpio durante el tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.....	93
Figura 4.8. Porcentaje de plántulas anormales deformes durante el tiempo de almacenamiento de las semillas incrustadas y no incrustadas.....	93
Figura 4.9. Peso Seco de Plántulas (PSPL) obtenidas de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en función del tiempo de almacenamiento.....	95
Figura 5.1. Esquema integrador de los principales hallazgos de la tesis.....	100

CAPITULO 1

Introducción general

La producción actual de semillas exige nuevas técnicas que contribuyan a mantener la calidad de las mismas a lo largo del tiempo. Taylor *et al.* (1998), utiliza el término *seed enhancements* para describir todas aquellas técnicas beneficiosas aplicadas sobre las semillas después de la cosecha, que mejoran la germinación, el crecimiento de las plántulas y facilitan su dispersión al momento de la siembra.

En este marco, surge el “recubrimiento” como una tecnología que incluye en un mismo proceso numerosas técnicas favorables para las semillas (FIS, 1999). Permite la aplicación de insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades, la inoculación con microorganismos (Taylor y Harman, 1990), la incorporación de macro y micronutrientes, de reguladores de crecimiento, de productos que atraen la humedad y proveen de oxígeno, de estimuladores y retardadores de la germinación y de herbicidas selectivos o antídotos (Scott, 1989). A estos beneficios se le suma la posibilidad de incrementar el tamaño y peso de las semillas, alterando su forma, para facilitar la siembra de precisión (Taylor y Harman, 1990).

La literatura presenta inconsistencias en cuanto a la terminología empleada sobre el recubrimiento de semillas (Scott, 1989). Para lograr mayor precisión en este sentido, resulta oportuno definir el término *seed pelleting* (semilla pelleteada) y diferenciarlo del de *seed coating* (semilla revestida). Ambos términos indican métodos que pueden contener polímeros, pesticidas, microorganismos, colorantes y otros aditivos. Sin embargo, la denominación *seed coating* se refiere a la aplicación de productos que mejoran la performance de las semillas sin modificar su tamaño y forma original (Taylor *et al.*, 1998). Por el contrario, la tecnología de pelleteo implica además, la adición de materiales sólidos y líquidos en cantidades

suficientes para hacer que la semillas sean sustancialmente más grandes y/o pesadas, es decir, modifican totalmente su forma y tamaño (Scott, 1989). Para alcanzar dicho incremento en peso y volumen es necesario aplicar a las semillas una combinación de adhesivos y materiales inertes formulados generalmente en polvo (Taylor *et al.*, 1998).

Por su parte, la *International Seed Testing Association* (ISTA, 2010), diferencia las semillas pelleteadas de las incrustadas. Las primeras corresponden a unidades aproximadamente esféricas desarrolladas para siembras de precisión, normalmente conteniendo una sola semilla y cuyo tamaño y forma original no son siempre evidentes. En cambio, las segundas conforman unidades de aproximadamente el mismo formato que las semillas originales, con tamaño y peso modificado en mayor o menor grado. Por lo expuesto, el término incrustado, que se empleará de aquí en adelante, es el que resulta más adecuado para describir el tratamiento aplicado a las semillas de girasol en el presente trabajo.

El incrustado utiliza maquinaria específica para su aplicación. Sin embargo, el proceso puede describirse básicamente como la colocación de las semillas en un tambor que gira a cierta velocidad. Mientras esto ocurre, se realiza la aplicación secuencial de los distintos materiales de recubrimiento. Este proceso involucra la acumulación paulatina de capas de adhesivo y material inerte sobre la semilla, formando así las sucesivas capas de revestimiento (Scott, 1989).

Los materiales inertes se formulan generalmente bajo la estructura de polvos secos e incluyen sustancias como carbonato de calcio, limo, yeso, talco, vermiculita, tierra de diatomeas, arcilla de caolinita, bentonita, zeolita, turba, dolomita, roca fosfatada y arena (Scott, 1989; Taylor *et al.*, 1998). Los adhesivos se colocan generalmente diluidos en soluciones acuosas. Dentro de los más usados se destacan productos como goma arábica, gelatina, almidón, metil celulosa, polivinil acetato, polivinil alcohol, polioxietilenglicol y carboximetil celulosa (Scott, 1989; Taylor *et al.*, 1998). Las características deseables de un buen recubrimiento incluyen la uniformidad en la distribución del tamaño de partículas, la disponibilidad de materiales y la ausencia de fitotoxicidad (Teixeira, 2007).

Delimitación del problema

La máxima expresión del potencial de rendimiento de un cultivo se logra a partir de una adecuada población y distribución de las plantas. Ambos factores están asociados a la capacidad del dosificador de la máquina sembradora para entregar las semillas una por una (Maroni *et al.*, 2004).

Las semillas de girasol presentan amplia variabilidad en su tamaño y forma, debido a la posición en el capítulo, la época de siembra y el cultivar (Lopes Cavalcante y Brito de Oliveira, 2008). Esto dificulta la siembra de precisión con un mayor impacto en el caso de las semillas pequeñas, formadas hacia el centro del capítulo. El empleo de dosificadores mecánicos típicos requiere de un ajuste muy preciso entre la dimensión de los orificios, el espesor de la placa dosificadora y las semillas a sembrar, siendo necesario disponer de placas con diferentes características para cada caso en particular (Maroni *et al.*, 2004). Por tales razones, las semillas de pequeño calibre de girasol son usualmente descartadas por los productores o las empresas.

El incrustado surge como una solución a este problema ya que, a través de la acumulación gradual de capas de adhesivo y material inerte, permite aumentar el peso y reducir la variación en el tamaño de las semillas (Halmer *et al.*, 2005). Dicha tecnología incrementa la exactitud de siembra a niveles similares a los de las semillas medianas (Allen *et al.*, 1983). Se comprobó además, que las semillas de menor calibre en el cultivo de girasol, presentan velocidades de germinación semejantes a las semillas medianas y grandes y que su tamaño no afecta significativamente la emergencia de plántulas (Ahmad, 2001; Lopes Cavalcante y Brito de Oliveira, 2008) o el rendimiento (Aguirrezabal *et al.*, 1996).

A pesar de los beneficios mencionados, el proceso de incrustado puede influir en la calidad fisiológica de las semillas (Finch-Savage, 1995; McDonald, 1998; Sayuri Tanada-Palmu *et al.*, 2005; Da Conceição y Duarte Vieira, 2008). Bertagnolli *et al.* (2003) indican que a 20 °C las semillas incrustadas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) demoran más en embeberse y desencadenar sus procesos

germinativos. Dicho atraso se atribuye a las dificultades impuestas por las capas de incrustado. Scheneider y Renault (1997b) coinciden en que el recubrimiento puede tener consecuencias indeseables, como una lenta imbibición. Estos autores sostienen que dichos efectos reducen la tasa de germinación de las semillas, lo cual probablemente se incrementa con la aplicación de capas múltiples de recubrimiento. En ensayos con semillas de remolacha (*Beta vulgaris* L.), Duan y Burris (1997) informan una disminución de la germinación a causa de impedimentos en el intercambio gaseoso y retención de inhibidores como consecuencia del recubrimiento. El proceso de incrustado implica el uso de elevadas cantidades de agua. Si tales cantidades no son suficientemente reguladas, es posible que inadvertidamente se desencadenen las primeras etapas de la germinación (Mc Donald, 1998). Este hecho conlleva a un incremento en la respiración y la consiguiente pérdida de calidad de las semillas. Además de ello, las capas de incrustado pueden constituir impedimentos físicos para la emergencia de la radícula (Mc Donald, 1998). Korpál (1999) indica que una inapropiada composición de los materiales empleados para el recubrimiento puede disminuir la calidad de las semillas, mientras que una correcta composición podría mejorarla.

Lograr cultivos con un establecimiento exitoso requiere el empleo de semillas de alta calidad y genéticamente puras que produzcan una emergencia de plántulas rápida y uniforme (Mc Donald, 1998). La posibilidad de emplear las semillas de pequeño calibre, haciéndolas más grandes y uniformes mediante el incrustado, sustenta el estudio del desempeño fisiológico de las semillas recubiertas de girasol. Al mismo tiempo es necesario considerar que el agregado de valor a las semillas, mediante métodos y tecnologías como el recubrimiento, es una exigencia en un mercado cada vez más competitivo (Medeiros *et al.*, 2006). A estas razones se le añade el hecho de que el uso de semillas híbridas de alto costo obliga a eficientizar el sistema de siembra (Govinden-Soulange y Levantard, 2008) maximizando el cuidado de cada una de las semillas sembradas. De modo que, los aportes tecnológicos para mejorar su performance otorgan una oportunidad para profundizar los estudios sobre las bases fisiológicas y bioquímicas que ocurren durante el tratamiento de semillas (Taylor *et al.*, 1998).

Las fuentes de información con base científica sobre el recubrimiento de semillas en el cultivo de girasol resultan escasas. Por tal razón, se plantea la necesidad de evaluar los efectos de los productos de recubrimiento sobre la calidad fisiológica de dichas semillas. Los tratamientos con insecticidas y fungicidas constituyen un componente importante de esta tecnología. Por lo tanto, también es necesario evaluar el comportamiento del incrustado en interacción con los agroquímicos comúnmente usados en este cultivo.

En base al análisis precedente se plantean las siguientes

Hipótesis

- I. La tecnología de incrustado aplicada a semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) permite mantener su calidad fisiológica.
- II. La variación en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol (*Helianthus annuus* L.) se debe a la modificación en su capacidad de absorción de agua impuesta por las capas de recubrimiento o al efecto pregerminativo que ocasiona el proceso de incrustado.
- III. Las semillas incrustadas de girasol (*Helianthus annuus* L.) mantienen su calidad fisiológica durante el tiempo de almacenamiento.

Por lo expuesto, se plantean los siguientes

Objetivos

Objetivo General 1

Determinar el efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).

Objetivos Específicos

- Evaluar la influencia de los productos de incrustado sobre el porcentaje y la velocidad de germinación fisiológica y tecnológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Medir el impacto del incrustado sobre el peso de plántulas de girasol (*Helianthus annuus* L.).

Objetivo General 2

Establecer las causas de la variación en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol (*Helianthus annuus* L.).

Objetivos Específicos

- Evaluar el impacto de las capas de recubrimiento en la capacidad de absorción de agua de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Determinar la influencia del incrustado en la duración de las fases de germinación de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Estudiar el efecto del incrustado sobre la tasa de imbibición de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Conocer si la solución de adhesivo aplicada durante el proceso de incrustado actúa como tratamiento pregerminativo.

Objetivo General 3

Estudiar la influencia del incrustado en la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) durante el almacenamiento.

Objetivo Específico

- Evaluar la influencia del incrustado sobre el porcentaje y la velocidad de germinación fisiológica y tecnológica de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) durante el almacenamiento.

CAPITULO 2

Efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.)

Introducción

La tecnología de incrustado en semillas hortícolas y su relación con la calidad fisiológica, representa un área de estudio profusamente explorada. A partir de este conocimiento, se propone examinar por analogía la respuesta de las semillas de girasol.

Numerosos autores trabajaron sobre la performance de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) recubiertas. Al estudiar la germinación desde un punto de vista fisiológico, Coraspe *et al.* (1993) no detectan diferencias estadísticamente significativas ni en el porcentaje, ni en la velocidad de emergencia de radículas entre semillas incrustadas y sin incrustar. Silva *et al.* (2002) ensayando cinco combinaciones de materiales adhesivos y dos temperaturas de secado observan que la formulación y la temperatura de secado no afectan el porcentaje de radículas emergidas. Sin embargo, se detecta una reducción significativa de la velocidad de emergencia de radículas en las semillas recubiertas independientemente de la formulación y la temperatura de secado.

La temperatura de germinación también manifiesta su efecto de control en los estudios de Kim *et al.* (2000). Dichos autores detectan que a 20 °C, el porcentaje de emergencia de radículas es similar en las semillas incrustadas respecto al control. Sin embargo a 30 °C, el incrustado reduce dicho porcentaje.

La velocidad de germinación, desde el punto de vista tecnológico, puede estimarse indirectamente mediante la energía germinativa. Empleando dicha estimación, Salum *et al.* (2008) informan que las semillas incrustadas de lechuga presentan una energía germinativa significativamente superior a las no incrustadas en el rango de 25 °C a 30 °C, en cambio a 15 °C, las semillas sin incrustar germinan más rápido que las incrustadas. Bertagnolli *et al.* (2003) confirman el efecto de las temperaturas de germinación, ya que las semillas incrustadas presentan una energía significativamente menor respecto de las no incrustadas, en tanto que a 25 °C, la respuesta se invierte. Estos autores afirman que este hecho ocurre probablemente debido a las características del material de incrustado, el cual ayuda a mantener el desempeño de las semillas de lechuga a medida que la temperatura se desfasa de la óptima (20 °C). Por su parte, Franzin *et al.* (2004) consideran los efectos del genotipo y del lote. Sus estudios discriminan lotes en los que la energía germinativa de las semillas incrustadas es significativamente menor que la de las semillas no incrustadas y lotes en los que dicha variable es similar.

Cuando se considera la velocidad de emergencia de plántulas Roos y Moore (1975) y Kim *et al.* (2000) detectan una disminución de aquellas provenientes de las semillas de lechuga incrustadas. Esto se traduce en disminuciones significativas del peso fresco de las plántulas provenientes de las semillas incrustadas respecto de los controles, en la mayoría de las combinaciones de materiales de recubrimiento estudiadas. Sin embargo, para Silva y Nakagawa (1998) algunos materiales de recubrimiento muestran un efecto positivo al incrementar la velocidad de emergencia de plántulas. De todos modos estos autores no detectan diferencias para el peso seco de plántulas, ya que esta variable no muestra diferencias significativas entre semillas incrustadas y no incrustadas. Bertagnolli *et al.* (2003) manifiestan además que, en el rango de temperaturas de 20 °C a 25 °C, las semillas incrustadas presentan mayor índice de velocidad de germinación respecto de las no incrustadas. Para Franzin *et al.* (2004) la velocidad de germinación, medida a través de un índice de velocidad, depende no solo del tratamiento de incrustado sino del genotipo y del lote evaluados.

Al analizar la respuesta del porcentaje de germinación se detectan varias fuentes de variación. Entre ellas, Roos y Moore (1975) y Franzin *et al.* (2004) destacan el comportamiento diferencial de algunos genotipos de lechuga. Dichos autores señalan interacciones, los primeros con los materiales de recubrimiento y los segundos con los lotes de producción. En los mencionados casos, los porcentajes de germinación no se modifican significativamente excepto en algún genotipo para el cual los valores de germinación resultan inferiores respecto de las semillas no incrustadas. Los materiales de recubrimiento afectan en forma significativa los resultados al considerar la fracción inerte (Silva y Nakagawa, 1998), algunos incrementando y otros disminuyendo la germinación total. Con respecto a distintos adhesivos, Silva *et al.* (2002) en ensayos en bandejas con sustrato Plantmax-Eucatec® advierten que no existen diferencias significativas en el porcentaje de germinación. Del mismo modo que los sustratos se presentan como una posible fuente de variación, la temperatura de incubación y la humedad ejercen un rol central en los resultados del porcentaje de germinación. Así, Bertagnolli *et al.* (2003) estudiaron el desempeño de semillas incrustadas sometidas a estrés hídrico a distintas temperaturas. En el rango de temperaturas de 20 °C a 25 °C, el porcentaje de germinación de dichas semillas resulta similar tanto a potenciales de - 0,3, como a 0 MPa. A partir de - 0,3 MPa., las semillas incrustadas son más resistentes al estrés hídrico mostrando mayores porcentajes de germinación. Para Salum *et al.* (2008) las semillas incrustadas presentan un porcentaje de germinación significativamente superior que las no incrustadas en el rango de 25° a 30 °C.

Analizando otro cultivo como el pimiento (*Capsicum annum* L.), en semillas incrustadas con arcilla, Sachs *et al.* (1981) encuentran que el porcentaje de emergencia radicular es similar al de las semillas no incrustadas. A pesar de ello, la velocidad de emergencia de radículas de las semillas recubiertas resulta significativamente menor. Dicho retraso se atribuye a las propiedades físicas del recubrimiento que limitan parte del oxígeno necesario para alcanzar la germinación y proveen una barrera mecánica a la protrusión de la radícula. En la misma especie, Sachs *et al.* (1982) detectan que el porcentaje de emergencia de radículas de semillas recubiertas con arena, con arcilla y no tratadas es similar

(93, 98 y 94% respectivamente). Sin embargo, la tasa de emergencia de radículas de las semillas recubiertas con arena es mayor que la de las semillas recubiertas con arcilla, aunque menor respecto del testigo. Según estos autores, el retraso en la germinación es ocasionado principalmente por las limitaciones en la disponibilidad de oxígeno al embrión por parte del recubrimiento con arena y parcialmente por el uso del adhesivo. En la misma especie, Oliveira *et al.* (2003) ensayaron el desempeño de semillas tratadas con fungicida y revestidas con distintos materiales. Observan una disminución no significativa del porcentaje y la velocidad de germinación por parte de las semillas revestidas en relación a las no revestidas. Dicha respuesta se detecta independientemente del material utilizado. En ensayos de emergencia en bandejas, verifican que el revestimiento y el tratamiento con fungicida (Rovrim) no influyen en el porcentaje de plántulas emergidas.

En semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.), Nascimento *et al.* (2009) al trabajar con distintos materiales de recubrimiento, informan que el porcentaje y la velocidad de emergencia de radículas es significativamente menor en las semillas incrustadas. La velocidad de germinación medida a través de la energía germinativa, resulta estadísticamente similar entre semillas incrustadas y no incrustadas. A pesar de ello, dicho parámetro presenta un elevado coeficiente de variación expresando una alta desuniformidad en la emergencia de plántulas. Mediante este resultado demuestran que el material utilizado en el proceso de revestimiento configura una barrera física a ser vencida por la semilla y que posiblemente sea esta la razón del atraso en la velocidad de germinación en la mayoría de los tratamientos. No obstante, sugieren que es probable que ciertos materiales permitan la difusión de gases y agua entre la semilla y el ambiente externo. En relación al stand final de plántulas, es similar en semillas incrustadas y no incrustadas. Concluyen que es necesario enfatizar los estudios que permitan observar simultáneamente las formas más adecuadas de recubrimiento y minimizar así los efectos deletéreos del proceso. Por su parte, Roos (1979) informa que el porcentaje de germinación resulta estadísticamente menor en las semillas incrustadas. Medeiros *et al.* (2006) evaluaron el recubrimiento con fungicida y adhesivo en diversas proporciones respecto del peso de las semillas.

La comparación entre las semillas con y sin recubrimiento no muestra diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación. Del mismo modo, no se detectan diferencias entre las semillas recubiertas con y sin fungicida, ni entre las dos proporciones de adhesivo (2:1 y 3:1) estudiadas. Dichos autores concluyen que el recubrimiento de semillas de zanahoria con el fungicida Thiram 600 mg + Carbendazim 200 mg, en una concentración de 0,25% y adhesivo en una proporción de 3:1, no afecta la germinación.

Govinden-Soulange y Levantard (2008) realizaron un estudio comparativo del priming y el revestimiento sobre el porcentaje y el tiempo medio de germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). El tiempo medio de germinación de las semillas incrustadas no difiere significativamente al compararlas con las semillas no incrustadas. Cuando las semillas incrustadas son comparadas con las semillas desincrustadas (semillas incrustadas a las que se les quita el material de recubrimiento antes de ser puestas a germinar) el tiempo medio de germinación se reduce significativamente respecto de las incrustadas. Estos autores sugieren que el material de recubrimiento, actúa presumiblemente como una barrera que incrementa el tiempo medio de germinación de las semillas de tomate. El incrustado no afecta significativamente el porcentaje de germinación respecto del testigo. Sin embargo, dos de las formulaciones en las semillas desincrustadas, presentan aumentos significativos en el porcentaje de germinación respecto del control. Este efecto se atribuye a la disponibilidad de nutrientes contenidos en el material inerte usado [*Acacia nilótica* (L.) Willd. ex Delile].

El efecto del incrustado en la germinación y la emergencia de carqueja [*Baccharis trímera* (Less) D.C.] fue examinado por Nascimento *et al.* (2004). En este caso, el porcentaje y la velocidad de germinación se reducen significativamente en las semillas incrustadas, tanto en sustrato arena como en papel. En ensayos de bandejas y sustrato Plantmax®, un estimulante del crecimiento compuesto por sustancias orgánicas, el porcentaje de emergencia de plántulas no difiere significativamente respecto del testigo. Se advierte que esta

contradicción en los resultados de los ensayos en arena y papel respecto de los ensayos en el sustrato Plantmax ®, se debe probablemente al hecho de que el mismo permite un mayor intercambio gaseoso por parte de las semillas recubiertas. Además, las plántulas de las semillas no incrustadas presentan mayor altura que las incrustadas debido a la mayor velocidad de crecimiento en comparación con las semillas incrustadas.

A diferencia de lo que ocurre con las semillas hortícolas, no son muchos los antecedentes del incrustado en semillas de especies que se cultivan en forma extensiva. En este área, Magalhaes *et al.* (1994) determinan la calidad fisiológica de semillas de tres cultivares de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] con diferentes revestimientos. En ensayos de laboratorio detectan aumentos significativos en el porcentaje de germinación respecto del testigo, en dos de las formulaciones de revestimiento usadas, calcáreo calcítico y un material comercialmente denominado Yoorin, resultante de la fusión de sustancias calcáreas, fosfatos y magnesio. La velocidad de germinación es estadísticamente similar en uno de los genotipos, mientras que en los otros dos genotipos, la velocidad varía en función de la formulación, siendo similar en algunos casos y mayor en otros. El peso seco de las plántulas depende tanto del genotipo como de la formulación aplicada. Los autores expresaron en sus conclusiones que el incrustado aumenta la calidad y el vigor de las semillas de sorgo.

En ensayos sobre el revestimiento de semillas de maíz dulce (*Zea mays* L.) Furtado de Mendonça *et al.* (2007) identifican una reducción significativa del porcentaje de germinación de las semillas incrustadas en comparación con las semillas sin incrustar e indican que este efecto es independiente del tipo de material de revestimiento empleado. Del mismo modo, la velocidad de germinación, en las semillas recubiertas resulta significativamente menor. Da Conceição y Duarte Vieira (2008) examinaron la calidad fisiológica y resistencia al recubrimiento utilizando diferentes proporciones de adhesivo. Las concentraciones de adhesivo en el rango de 0,5 y 2 % no presentan diferencias estadísticamente significativas, ni en la energía germinativa ni en el índice de velocidad con respecto al control. El incremento en el porcentaje de adhesivo de 2 a 3 % causa una reducción no significativa en la velocidad de germinación en

laboratorio y no afecta el número de plántulas normales en el test de germinación. Por lo tanto, el recubrimiento en las distintas proporciones de adhesivo testeadas, no afecta significativamente la calidad fisiológica de las semillas de maíz.

Klein y Sachs (1992), determinaron el efecto de diferentes combinaciones de laca, resina de cloruro del polivinilideno y arcilla como material inerte, sobre la absorción de agua, la emergencia de plántulas y el intercambio de gases de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.). El tratamiento de cobertura no afecta la germinación total. La velocidad de emergencia de plántulas tampoco se modifica significativamente respecto al control en la mayoría de los tratamientos. A pesar de ello, se detecta que las plántulas de los tratamientos que inicialmente presentan menor velocidad de emergencia, llegan más rápido a una altura de diez centímetros. Dichos autores manifiestan que tal respuesta, puede deberse a que el recubrimiento retrasa la emergencia al actuar a modo de restricción mecánica para la germinación. Sin embargo, una vez que la plántula rompe la cobertura, llega efectivamente al mismo punto de desarrollo fisiológico que el control.

En el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), Arsego *et al.* (2006) evaluaron el efecto del recubrimiento sobre la calidad de las semillas y el desempeño de plántulas. Las semillas fueron recubiertas con giberelinas, fungicidas, adhesivo más inerte y polímeros. El porcentaje de emergencia de plántulas no es afectado por el tratamiento que combina pelleteo y carboxim más thiram, sin embargo existe una reducción significativa en la germinación de las semillas cuando se utiliza el recubrimiento combinado con los fungicidas fludioxinil más metalaxyl. En el testigo, el periodo medio de emergencia de plántulas es superior al de las semillas recubiertas. Cuando se compara el periodo medio de emergencia del testigo (12,25 días) con el tratamiento de recubrimiento con giberelinas más fungicida carboxim más thiram (9,65 días), se detecta una diferencia significativa de 2,6 días. Por lo tanto, el recubrimiento con esos productos aumenta la velocidad de germinación.

Finalmente, las investigaciones del efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica de las semillas de girasol resultan escasas. La única referencia al respecto es la de Allen *et al.* (1983) quienes evaluaron la emergencia de semillas

de girasol recubiertas en cámara de crecimiento. Sus resultados indican que, con contenidos intermedios de agua del suelo, la energía germinativa es significativamente mayor en las semillas incrustadas (65%) respecto de las semillas no incrustadas (47%). Por lo tanto, en cámara de crecimiento con contenidos intermedios de agua de suelo, las plántulas de las semillas incrustadas presentan una mayor velocidad de germinación.

En base al análisis precedente se plantea la siguiente

Hipótesis

La tecnología de incrustado aplicada a semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) permite mantener su calidad fisiológica.

Por lo expuesto, se plantean los siguientes

Objetivo General

Determinar el efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.)

Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de los productos de incrustado sobre el porcentaje y la velocidad de germinación fisiológica y tecnológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Medir el impacto del incrustado sobre el peso de plántulas de girasol (*Helianthus annuus* L.).

Materiales y Métodos

Material biológico

Se utilizaron semillas de girasol (*Helianthus annuus L*) del híbrido PAN 7031 perteneciente a la empresa Pannar, cosechadas en febrero de 2009 en la localidad de Pedro Luro (Prov. de Buenos Aires). Para designar a las unidades sobre las cuales se aplicaron los tratamientos en el presente estudio, se empleará desde el punto de vista agronómico, el término “semillas”. Sin embargo, al considerarlas desde el punto de vista botánico, se debe señalar que se trata de frutos de ovario ínfero, denominados “cipselas” (Valla, 2007).

Material no biológico

Para obtener las semillas incrustadas se empleó una máquina experimental del tipo Cimbria Heyd (Figura 2.1). Como agentes inertes se empleó, carbonato de calcio (resultado de la molienda de piedra caliza) y talco (silicato de magnesio hidratado: $Mg_3SiO_{10}(OH)_2$). El adhesivo utilizado fue el polímero Equate ® perteneciente a la empresa Becker Underwood Argentina. La coloración de las semillas fue dada mediante el empleo del colorante Sepiret blue 9242 ® perteneciente Becker Underwood Argentina. Las sustancias químicas empleadas para realizar los tratamientos con insecticida y fungicida fueron tiametoxán (35%) y metalaxyl (35%), respectivamente. Dichas sustancias se seleccionaron teniendo en cuenta que constituyen principios activos muy utilizados en las semillas de girasol.

El estudio de los parámetros de germinación se llevó a cabo utilizando como sustrato hojas de papel tipo “valot”. Para mantener la humedad en el sustrato de germinaciones emplearon bolsas plásticas de polipropileno de 25 x 35 cm. El control de temperatura se realizó colocando las muestras en la cámara de germinación con iluminación y temperatura controladas. El análisis estadístico se efectuó mediante el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).



Figura 2.1. Vista de la máquina experimental de incrustado, tipo Cimbría Heyd.

Métodos

Las sustancias inertes, tanto el talco como el carbonato, se aplicaron en una dosis de 500 gramos por kilo de semillas (500 g inerte/Kg de semillas). El adhesivo se diluyó en agua al 8 %, y se aplicó a razón de 200 mililitros por kilo de semillas (200 ml de solución de adhesivo/Kg de semillas). Las dosis de productos inertes y adhesivos seleccionadas se basaron en el incremento en peso que ocasionaba su aplicación, estableciendo como objetivo un incremento del doble respecto del peso original de las semillas. Los agroquímicos se emplearon en las proporciones comercialmente recomendadas para la especie en estudio. El principio activo tiametoxán (35%) fue aplicado en una dosis de 6 ml/Kg. de semillas, mientras que el metalaxyl (35%) se empleó en una dosis de 3 ml/Kg. de semillas. El tratamiento con agua se realizó aplicando a las semillas una cantidad de 18 ml de agua por kilo de semillas (18 ml agua/Kg de semillas).

Tratamientos.

Para conocer la influencia de los productos de incrustado sobre la germinación en interacción con insecticidas y fungicidas se procedió a aplicar a las semillas los siguientes tratamientos:

I. Semillas no incrustadas:

- Testigo
- Agua.
- Insecticida
- Fungicida
- Insecticida + Fungicida

II. Semillas incrustadas:

- Incrustado con carbonato de calcio
- Incrustado con talco
- Incrustado con talco + insecticida + fungicida

Los distintos tratamientos se obtuvieron colocando muestras de 200 gr de semillas en el tambor rotativo de la máquina de incrustado. A medida que las semillas giraban en el tambor a 180 rpm, se añadió en forma secuencial, la cantidad de materiales de incrustado en las dosis anteriormente mencionadas. El orden de aplicación de estos productos implicó la colocación de los insecticidas y fungicidas (solos o en combinación) en contacto directo con las semillas. Luego de ello, en el caso de las semillas incrustadas, se fue colocando el inerte y el adhesivo en forma alternada.

En primera instancia, se había propuesto realizar un tratamiento con carbonato de calcio en combinación con insecticida y fungicida, sin embargo al realizar el tratamiento, se observó que el carbonato no se adhirió a la superficie de las semillas tratadas con la mezcla de insecticida + fungicida. Esto implicó que, en la secuencia de aplicación previamente establecida, existió incompatibilidad entre estos productos y el carbonato de calcio.

Una vez realizados los tratamientos, las semillas se colocaron 24 hs sobre bandejas para permitir que alcancen condiciones de equilibrio con el ambiente del laboratorio.

Metodología para los ensayos de germinación fisiológica y tecnológica.

Como una primera etapa en el estudio de la problemática del incrustado de semillas de girasol, se condujeron los ensayos en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

La evaluación del efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica de las semillas de girasol se realizó examinando la emergencia de radículas (germinación fisiológica) y la emergencia de plántulas (germinación tecnológica) mediante las siguientes determinaciones:

Emergencia de radículas: Germinación fisiológica.

En este experimento, se tomaron tres repeticiones de cincuenta semillas de cada tratamiento y se colocaron en cajas de Petri de 9 cm de diámetro. Cada caja contenía dos piezas de papel filtro tipo Whatman humedecidas con 2,5 ml de agua destilada. Una vez realizada la siembra, las cajas fueron envueltas con papel film para evitar la pérdida de agua. La temperatura empleada fue de 25 °C continuos, según lo establecen las normas ISTA (2010), con 12 hs de alternancia luz/oscuridad. El recuento de radículas emergidas se realizó a las 24, 26, 28, 30,

32, 34, 37, 40, 43, 45, 47 y 49 horas desde la siembra, considerando como emergidas a todas aquellas semillas que presentaron un tamaño de radícula mayor a 2 mm de longitud según Hernández y Paoloni (1990).

Se procedió al estudio de la germinación fisiológica mediante la determinación de las siguientes variables:

1. Tiempo para la emergencia del 50 % de radículas (G50):

El tiempo para la emergencia del 50% de las radículas (G50 = horas para 50% de emergencia máxima), se calculó según la fórmula de Ranal y García de Santana (2006):

$$G50 = \frac{\left[\left(\frac{G_{MAX}}{2} \right) - G_1 \right] \times (D_2 - D_1)}{G_2 - G_1} + D_1$$

Donde:

G50: horas para alcanzar el 50% de semillas con radícula emergida.

G_{MAX}: cantidad máxima de semillas con radícula emergida.

D₁: inicio del intervalo en horas donde ocurre la emergencia del 50 % de las radículas.

D₂: fin del intervalo en horas donde ocurre la emergencia del 50 % de las radículas.

G₁: cantidad de radículas emergidas en D₁

G₂: cantidad de radículas emergidas en D₂

2. Velocidad de emergencia de radículas (IVG).

La velocidad de emergencia de radículas se calculó según el índice IVG de Maguire (1962):

$$IVG = G_1 / N_1 + G_2 / N_2 + \dots + G_n / N_n$$

Donde:

IVG: índice de velocidad de emergencia de radículas expresado en radículas.hs.⁻¹

G₁, G₂, y G_n: cantidad de radículas computadas en el primer, segundo y último conteo.

N₁ N₂ y N_n: cantidad de horas desde del inicio del test.

Este índice permite estudiar la velocidad de germinación a lo largo de todo el intervalo de tiempo que dura la emergencia de radículas. A diferencia del tiempo para la emergencia del 50 % de radículas y la tasa de emergencia de radículas, en los que la respuesta se evidencia solo en un punto determinado del proceso germinativo.

3. Tasa de emergencia de radículas (T).

Esta variable surgió de la representación gráfica del porcentaje de emergencia de radículas en función de tiempo. Su valor representa la pendiente de la recta, durante la etapa lineal de germinación y hasta su punto de inflexión (Lush, 1981).

4. Porcentaje final de semillas con radícula emergida (%FR).

Esta variable resultó de relacionar la cantidad total de semillas sembradas respecto de las que efectivamente mostraron emergencia radicular:

$$\%FR = N^{\circ}RE \times 100 / N^{\circ}TS$$

Donde:

%FR: porcentaje final de semillas con radícula emergida a las 49 hs de germinación.

N°RE: cantidad de semillas con radícula emergida.

N°TS: cantidad total de semillas sembradas.

Emergencia de plántulas: Germinación tecnológica.

En este ensayo se sembraron ocho repeticiones de cincuenta semillas de los tratamientos con y sin incrustado y se colocaron sobre dos toallas de papel previamente humedecidas hasta su saturación. Las semillas sembradas fueron cubiertas por una tercera toalla de papel, también humedecida hasta su saturación. Finalmente se conformó un rollo y se colocó en el interior de una bolsa plástica cerrada en sus extremos para evitar la pérdida de humedad. Previo a su colocación en cámara de germinación las semillas fueron sometidas al tratamiento de preenfriado (48 horas a 5 °C sobre sustrato saturado) según lo establecen las reglas ISTA, con el objetivo de eliminar la dormición propia de esta especie. El ensayo de emergencia de plántulas se efectuó en condiciones óptimas, según las Reglas para Análisis de Semillas de ISTA (2010), empleando una temperatura de 25 °C continuos y 12 hs. de alternancia luz/oscuridad. Para alcanzar dichas condiciones las semillas fueron colocadas en una cámara con control de temperatura.

Se procedió al estudio de la germinación, desde el punto de vista tecnológico, mediante la determinación de las siguientes variables:

1. Energía Germinativa (EG).

La energía germinativa puede ser interpretada como una expresión de vigor (Peretti, 1994). Para calcular esta variable se computó el número de plántulas normales a los 4 días luego de la siembra, según lo establecen las normas ISTA (2010). Por lo tanto, la energía germinativa respondió a la siguiente fórmula:

$$EG = N^{\circ}PN4 \times 100 / N^{\circ}TS.$$

Donde:

EG: energía germinativa.

N°PN4: cantidad de plántulas normales emergidas el día 4 desde la siembra.

N°TS: cantidad total de semillas sembradas.

2. Tiempo para la emergencia del 50 % de plántulas (GN50).

En el caso del tiempo para la emergencia del 50 por ciento de plántulas normales, se tomaron 4 repeticiones de 50 semillas y se realizaron recuentos de plántulas normales a los 4, 7 y 10 días desde la siembra. Para realizar la comparación entre los tratamientos se empleó una adaptación de la fórmula de Ranal y García de Santana (2006) en la cual el intervalo de tiempo establecido en horas fue reemplazado por días:

$$GN50 = \frac{\left[\left(\frac{G_{MAX}}{2} \right) - G_1 \right] \times (D_2 - D_1)}{G_2 - G_1} + D_1$$

Donde:

G50: días para alcanzar el 50% de plántulas normales.

G_{MAX}: cantidad máxima de plántulas normales emergidas.

D₁: inicio del intervalo en días donde ocurre la emergencia del 50 % de las plántulas normales.

D₂: fin del intervalo en días donde ocurre la emergencia del 50 % de las plántulas normales.

G₁: cantidad de plántulas normales emergidas en D₁

G₂: cantidad de plántulas normales emergidas en D₂

3. Velocidad de emergencia de plántulas (IVGN).

La velocidad de emergencia de plántulas normales (PN) se calculó según el índice IVGN de Maguire (1962), computando el intervalo de tiempo para la emergencia de plántulas en días. Del mismo modo que en la germinación fisiológica, este índice permite estudiar la velocidad de emergencia de plántulas a

lo largo de todo el intervalo de tiempo que dura el proceso germinativo y no en un momento en particular.

$$IVGN = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$$

Donde:

IVGN: índice de velocidad de emergencia de plántulas normales expresado en $PN.d^{-1}$.

G_1 , G_2 , y G_n : cantidad de plántulas normales computadas en el primer, segundo y último conteo.

N_1 , N_2 y N_n : cantidad de días desde del inicio del test.

4. Porcentaje de Germinación (PG).

Se estimó discriminando la cantidad de plántulas normales, anormales, semillas muertas y frescas al 10^o día desde el inicio del test, según lo establecen las normas ISTA (2010) para este cultivo. De este modo, el porcentaje de germinación se calculó de la siguiente manera:

$$PG = N^{\circ}PN10 \times 100 / N^{\circ}TS.$$

Donde:

PG: porcentaje de germinación.

$N^{\circ}PN10$: cantidad de plántulas normales emergidas el día 10 desde la siembra.

$N^{\circ}TS$: cantidad total de semillas sembradas.

5. Peso Seco de Plántulas (PSPL).

Para conocer este parámetro, se tomaron las plántulas normales provenientes del ensayo de germinación al decimo día y se colocaron en estufa a

60 °C hasta peso constante. Luego, dichas plántulas se pesaron en balanza analítica y los resultados se expresaron en miligramos por plántula (Murcia *et al.*, 2006).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En el caso de los ensayos de germinación fisiológica se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA). En cambio, en el caso de la germinación tecnológica, se utilizó un Diseño en Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA). Esto se debió a que la cantidad de muestras a analizar por día fue elevada. Por lo tanto, se dividió el ensayo en dos días de siembra, cuatro repeticiones fueron sembradas en un día y las cuatro repeticiones restantes al día siguiente. De este modo, se consideró como bloques a los días de siembra. En el caso de las variables expresadas en porcentaje, previo a la realización de los análisis estadísticos, los datos se transformaron por arco seno (Little, 1985) según:

$$y = \text{arco seno } (\sqrt{(G_{\text{max}} / 100)})$$

Los datos presentados en tablas y figuras corresponden a los porcentajes sin transformar. En ambos tipos de germinación, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias entre los tratamientos con un nivel de significancia del 5%. La comparación de medias se efectuó mediante el test DGC del programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados

La figura 2.2 muestra el aspecto de las semillas obtenidas con los tratamientos sin incrustar e incrustados.



Figura 2.2. Vista de (1) testigo, (2) semillas tratadas con insecticida, (3) semillas tratadas con fungicida, (4) semillas tratadas con insecticida + fungicida, (5) semillas incrustadas con talco, (6) semillas incrustadas con carbonato.

Asimismo, en la figura 2.3 se observa el modo de crecimiento de las plántulas a través de las capas de incrustado. Se advierte que el pericarpio se rompe manteniendo los materiales de recubrimiento (talco y carbonato) en su superficie.



Figura 2.3. Vista de (1) plántula proveniente de las semillas incrustadas con talco, (2) plántula proveniente de las semillas incrustadas con carbonato.

Emergencia de radículas: Germinación fisiológica.

1. Tiempo para la emergencia del 50% de las radículas (G50).

En cuanto al tiempo para la emergencia del 50% de las radículas (Tabla 2.1) se observó una emergencia significativamente más rápida en los tratamientos incrustados con carbonato, talco y talco + insecticida + fungicida respecto de los no incrustados (agua, insecticida, fungicida, insecticida + fungicida y testigo). El tiempo para la emergencia del 50 % de las radículas no fue significativamente diferente entre las semillas con los distintos tipos de incrustado. Los tratamientos de las semillas no incrustadas no se diferenciaron significativamente entre sí. La velocidad de emergencia del testigo no fue significativamente diferente respecto de los tratamientos sin incrustado (agua, insecticida, fungicida e insecticida + fungicida).

Tabla 2.1. Tiempo para la emergencia del 50% de las radículas, G50 (hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	G50 (hs.) ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	36,4 ± 1,2 A
	Agua	35,5 ± 2,8 A
	Insecticida	36,6 ± 1,9 A
	Fungicida	39,2 ± 0,8 A
	Insecticida + Fungicida	37,8 ± 1,1 A
Semillas incrustadas	Carbonato	30,4 ± 0,5 B
	Talco	32,6 ± 1,3 B
	Talco + Insecticida + Fungicida	29,9 ± 0,9 B
C.V. (%)		4,2

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

2. Velocidad de emergencia de radículas (IVG).

La mayor velocidad de emergencia de radículas también se detectó al observar los máximos índices (IVG) en las semillas incrustadas (a mayor valor, más rápida es la emergencia) (Tabla 2.2). Los tratamientos con carbonato, talco y talco + insecticida + fungicida presentaron diferencias significativas respecto los tratamientos con agua, insecticida, fungicida, insecticida + fungicida y testigo. Las semillas con distintos tipos de incrustado no expresaron diferencias significativas en el índice IVG. La velocidad de emergencia del testigo no fue significativamente distinta respecto de los tratamientos sin incrustado (agua, insecticida, fungicida e insecticida + fungicida). Los tratamientos de las semillas no incrustadas no se diferenciaron significativamente entre sí.

Tabla 2.2. Velocidad de emergencia de radículas, IVG (radículas/ hora), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	IVG ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	1,05 ± 0,08 B
	Agua	1,19 ± 0,14 B
	Insecticida	1,04 ± 0,11 B
	Fungicida	1,00 ± 0,13 B
	Insecticida + Fungicida	1,07 ± 0,08 B
Semillas incrustadas	Carbonato	1,63 ± 0,01 A
	Talco	1,43 ± 0,03 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	1,56 ± 0,07 A
C.V. (%)		7,4

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

3. Tasa de emergencia de radículas (T).

Los resultados de la tasa de emergencia de radículas verifican la existencia de velocidades significativamente mayores en las semillas incrustadas (Tabla 2.3). No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con incrustado. La tasa de emergencia de radículas del testigo no fue significativamente distinta respecto del resto de los tratamientos sin incrustado. Las semillas no incrustadas no se diferenciaron estadísticamente entre sí.

Tabla 2.3. Tasa de emergencia de radículas, T (radículas/hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	Tasa de germinación (radículas/hs). ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	2,47 ± 0,27 B
	Agua	2,70 ± 0,44 B
	Insecticida	2,16 ± 0,02 B
	Fungicida	2,17 ± 0,49 B
	Insecticida + Fungicida	2,18 ± 0,26 B
Semillas incrustadas	Carbonato	3,45 ± 0,42 A
	Talco	3,02 ± 0,33 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	3,28 ± 0,25 A
C.V. (%)		12,6

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

4. Porcentaje final de semillas con radícula emergida (%FR).

El porcentaje final de semillas con radícula emergida, luego de 49 hs de germinación, mostró una tendencia creciente a favor de las semillas incrustadas con valores significativamente diferentes en relación a las semillas sin

recubrimiento (Tabla 2.4). El análisis no arrojó diferencias significativas de los tratamientos incrustados entre sí, ni de los tratamientos sin incrustar entre sí.

Tabla 2.4. Porcentaje final de semillas de girasol, incrustadas y no incrustadas, con radícula emergida, (% FR).

	Tratamiento	%FR ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	81 ± 2 B
	Agua	89 ± 9 B
	Insecticida	83 ± 4 B
	Fungicida	85 ± 2 B
	Insecticida + Fungicida	78 ± 2 B
Semillas incrustadas	Carbonato	100 ± 0 A
	Talco	94 ± 2 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	98 ± 4 A
C.V (%)		9

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

Emergencia de plántulas: Germinación tecnológica.

1. Energía germinativa (EG).

La Tabla 2.5 muestra que no existen diferencias significativas dentro, ni entre los tratamientos de las semillas incrustadas y no incrustadas. El alto coeficiente de variación obtenido permite deducir que esta variable no resultó suficientemente precisa para detectar dichas diferencias.

Tabla 2.5. Energía germinativa (% de plántulas normales evaluadas a los 4 días desde la siembra), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	Energía germinativa (%) ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	4 ± 2 A
	Agua	2 ± 0 A
	Insecticida	3 ± 1 A
	Fungicida	3 ± 1 A
	Insecticida + Fungicida	3 ± 1 A
Semillas incrustadas	Carbonato	3 ± 1 A
	Talco	2 ± 0 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	3 ± 1 A
C.V. (%)		20

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

2. Tiempo para la emergencia del 50% de las plántulas (GN50).

No se detectaron diferencias significativas en el tiempo para la emergencia del 50% de las plántulas entre las semillas incrustadas y sin incrustar, obteniéndose una velocidad similar entre ellas (Tabla 2.6). El tiempo medio de emergencia de plántulas osciló alrededor del día 6 a partir del momento de la siembra. En este caso, el coeficiente de variación se mantuvo en valores razonables (3,5 %), de modo que esta variable describe en forma satisfactoria el momento en que se produce la emergencia del 50% de las plántulas.

Tabla 2.6. Tiempo para la emergencia del 50% de las plántulas, GN50 (días), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	GN50 (días) ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	5,92 ± 0,24 A
	Agua	5,83 ± 0,26 A
	Insecticida	5,97 ± 0,29 A
	Fungicida	5,97 ± 0,24 A
	Insecticida + Fungicida	5,91 ± 0,16 A
Semillas incrustadas	Carbonato	5,83 ± 0,18 A
	Talco	5,79 ± 0,03 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	5,87 ± 0,14 A
C.V. (%)		3,5

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

3. Velocidad de emergencia de plántulas (IVGN).

La velocidad de emergencia de plántulas medida a través del índice IVGN fue ligeramente superior, aunque sin diferencias significativas, en las semillas incrustadas. Además de ello, solo el tratamiento que combina insecticida + fungicida fue estadísticamente inferior en comparación con el resto de los tratamientos (Tabla 2.7). Las diferencias en este resultado respecto del tiempo para la emergencia del 50% de las plántulas se deben a que el índice IVG toma en cuenta la velocidad de germinación a lo largo de todo el intervalo de tiempo que dura la emergencia de plántulas. Por lo tanto, es posible que la reducción en la velocidad de germinación de las semillas que contienen insecticida + fungicida se haya producido en el periodo que va desde el día 6 hasta el día 10.

Tabla 2.7. Velocidad de emergencia de plántulas, IVGN (plántulas/día), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	IVGN ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	5,91 ± 0,23 A
	Agua	5,92 ± 0,30 A
	Insecticida	5,79 ± 0,35 A
	Fungicida	5,75 ± 0,25 A
	Insecticida + Fungicida	5,54 ± 0,25 B
Semillas incrustadas	Carbonato	6,16 ± 0,35 A
	Talco	6,05 ± 0,28 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	5,91 ± 0,19 A
C.V. (%)		4,5

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

4. Porcentaje de Germinación (PG).

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de germinación en las semillas incrustadas respecto de las semillas no incrustadas (Tabla 2.8). La excepción se estableció en el caso del tratamiento con insecticida + fungicida que mostró una disminución significativa del porcentaje de germinación respecto del resto de los tratamientos.

Tabla 2.8. Porcentaje de germinación, PG (%) a los 10 días desde la siembra, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	% de Germinación ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	86 ± 3 A
	Agua	86 ± 4 A
	Insecticida	85 ± 4 A
	Fungicida	85 ± 4 A
	Insecticida + Fungicida	82 ± 4 B
Semillas incrustadas	Carbonato	89 ± 4 A
	Talco	87 ± 3 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	87 ± 3 A
C.V. (%)		4

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

5. Peso seco de plántulas (PSPL).

La Tabla 2.9 muestra que los tratamientos de incrustado no evidenciaron diferencias significativas en el peso seco de plántulas respecto de los tratamientos sin incrustado que contienen agua o fungicida. En cambio, se diferenciaron de aquellos con insecticida + fungicida, insecticida y testigo. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de semillas incrustadas. El testigo no mostró diferencias significativas respecto de los tratamientos con insecticida e insecticida + fungicida.

Tabla 2.9. Peso seco de plántulas, PSPL (mg/plántula), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	PSPL (mg/plántula) ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	25,2 ± 0,2 B
	Agua	26,4 ± 1,2 A
	Insecticida	25,6 ± 1,1 B
	Fungicida	26,8 ± 1,2 A
	Insecticida + Fungicida	25,3 ± 0,9 B
Semillas incrustadas	Carbonato	27,2 ± 2,2 A
	Talco	27,0 ± 1,5 A
	Talco + Insecticida + Fungicida	27,6 ± 1,0 A
C.V. (%)		4,8

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

Discusión

La germinación fisiológica evidenció un aumento en la velocidad de emergencia de radículas en las semillas incrustadas con respecto a las semillas sin incrustar. Esta tendencia se verificó mediante los tres parámetros de velocidad contemplados en el presente estudio: el tiempo para la emergencia del 50% de las radículas, la tasa de emergencia y el índice IVG. Dicho comportamiento no

concordó con lo observado por Sachs *et al.* (1981) y Sachs *et al.* (1982) quienes detectaron reducciones en la velocidad de emergencia de radículas en semillas recubiertas de pimienta. Además, se reflejaron opuestos a los hallados por Kim *et al.* (2000) y Silva *et al.* (2002) en el cultivo de lechuga y Nascimento *et al.* (2009) en el cultivo de zanahoria, quienes también observaron una disminución en dicha velocidad. Tampoco coincidió con Coraspe *et al.* (1993) quienes detectaron una velocidad similar entre semillas incrustadas y no incrustadas de lechuga. El porcentaje final de semillas con radícula emergida se mantuvo, al igual que la velocidad, con valores estadísticamente más altos en el caso de las semillas de girasol incrustadas. Este resultado se diferenció de los obtenidos por Sachs *et al.* (1981) y Sachs *et al.* (1982), Coraspe *et al.* (1993), Kim *et al.* (2000), Silva *et al.* (2002) y Nascimento *et al.* (2009) quienes detectaron porcentajes similares o menores respecto de las semillas no recubiertas. Probablemente las diferencias morfológicas y de tamaño entre las semillas hortícolas y las semillas de girasol pudieran explicar esta marcada diferencia entre ambos comportamientos. De todos modos, la performance de la germinación de las semillas incrustadas de girasol, desde el punto de vista fisiológico, representa una ventaja comparativa de la tecnología.

Debido a que el desempeño germinativo a nivel de la emergencia de radículas se vio favorecido por los tratamientos con incrustado, se planteó la necesidad de analizar los motivos por los cuales se produce dicho efecto. Tal y como lo expresan Salum *et al.* (2008) es probable que las capas de recubrimiento, que conforman una estructura adicional que se interpone en el flujo de agua entre las semillas y el medio externo, ocasionen modificaciones en la dinámica de absorción de agua de las semillas con consecuencias directas sobre su capacidad de germinación. Las relaciones entre la tecnología de incrustado y la capacidad de absorción de agua de las semillas se analizarán en el siguiente capítulo.

En cuanto a la velocidad de emergencia de plántulas, la energía germinativa se mostró como un parámetro de gran variabilidad, del mismo modo que en los experimentos de Silva y Nakagawa (1998) y Nascimento *et al.* (2009). Esta respuesta podría atribuirse a la baja cantidad de plántulas emergidas al día 4

desde la siembra, con valores que oscilan en el rango de 2 a 4 plántulas/día. Estos datos expresados en porcentaje y aún siendo transformadas por el arcoseno, demuestran una gran variación, tanto para semillas incrustadas como para las no incrustadas. Dado que este modelo de respuesta se mostró tanto en semillas incrustadas como no incrustadas, se descarta que este comportamiento sea debido a la tecnología aplicada. Siguiendo este razonamiento, la energía germinativa no resultó ser una variable suficientemente precisa como para describir la velocidad de emergencia de plántulas de girasol. Por tal razón, esta variable no se consideró en el siguiente análisis del comportamiento de la germinación a nivel de plántulas.

Cuando se observaron los índices de velocidad GN50 e IVG, se detectó un ligero aumento en la velocidad de emergencia de plántulas provenientes de las semillas incrustadas. Las mayores diferencias se produjeron en los primeros días a partir de la siembra, disipándose el efecto del tratamiento hacia el momento del recuento final. Se detectó, de este modo, una velocidad de emergencia de plántulas que no difirió significativamente entre las semillas incrustadas y no incrustadas. Estos resultados fueron similares a los hallados por Klein y Sachs (1992), Magalhes *et al.* (1994), Silva y Nakagawa (1998), Silva *et al.* (2002), Franzin *et al.* (2004), Medeiros *et al.* (2006), Govinden - Soulangue y Levantard, (2008), Da Conceição y Duarte Vieira (2008) y Nascimento *et al.* (2009). Por su parte no resultaron coincidentes con lo expresado por Roos y Moore (1975), Oliveira *et al.* (2003), Nascimento *et al.* (2004) y Furtado de Mendonça *et al.* (2007) quienes hallaron reducciones en la velocidad de emergencia de las plántulas normales provenientes de las semillas incrustadas. Tampoco coincidieron con los experimentos de Bertagnolli *et al.* (2003), Arsego *et al.* (2006) ni Salum *et al.* (2008) quienes detectaron velocidades mayores o menores en las semillas pertenecientes a los tratamientos con incrustado. Por otra parte, el índice IVGN resultó significativamente inferior para el tratamiento que combinó insecticida más fungicida. Este resultado podría atribuirse a efectos fitotóxicos que surgen de la combinación de los agroquímicos empleados.

En lo referido al porcentaje final de plántulas normales emergidas (germinación tecnológica), no se hallaron diferencias entre las semillas incrustadas y sin incrustar. De esta manera, la capacidad de producir plántulas normales no fue afectada por la tecnología de incrustado. Este efecto concuerda con las experimentaciones de Roos y Moore, (1975), Klein y Sachs (1992), Coraspe *et al.* (1993), Magalhes *et al.* (1994), Silva *et al.* (2002), Bertagnolli *et al.* (2003), Franzin *et al.* (2004), Arsego *et al.* (2006), Medeiros *et al.* (2006), Govinden-Soulange y Levantard (2008), Da Conceição y Duarte Vieira (2008) y Nascimento *et al.* (2009). A su vez, dicha variable mostró un comportamiento contrario a Roos y Moore (1975), Silva y Nakagawa (1998), Oliveira *et al.* (2003), Nascimento *et al.* (2004) y Mendonça *et al.* (2007) quienes detectaron reducciones en el porcentaje de germinación de las semillas con recubrimiento. Solo los resultados de Magalhes *et al.* (1994), Silva y Nakagawa (1998) y Salum *et al.* (2008) evidenciaron aumentos significativos en dicha variable. El único tratamiento que mostró valores significativamente más bajos en el porcentaje de germinación fue el que combinó insecticida más fungicida. Este resultado coincidió con la reducción hallada por Arsego *et al.* (2006) en el cultivo de arroz para la combinación de fludioxinil + metalaxil. Si bien se aplicaron las dosis y los principios activos recomendados para las semillas de girasol, es probable que este efecto se atribuya a los efectos fitotóxicos que surgen de la interacción de los agroquímicos empleados. Resulta interesante destacar que este efecto fitotóxico, no fue evidente en las semillas incrustadas siendo que se aplicaron los mismos productos y dosis. De esta manera la tecnología de incrustado estaría eliminando los efectos colaterales que los agroquímicos tendrían sobre la germinación. La matriz sólida que se forma alrededor de la semilla estaría evitando el contacto directo con las estructuras sensibles de la semilla.

El peso seco de plántulas fue significativamente mayor en las semillas incrustadas. El mayor crecimiento de las plántulas provenientes de semillas recubiertas expresó una tendencia que no concuerda con lo manifestado por Roos y Moore (1975), Magalhes *et al.* (1994), Silva y Nakagawa (1998) y Kim *et al.* (2000), ya que dichos autores detectaron peso inferiores o similares en la plántulas provenientes de las semillas incrustadas. Al igual que el porcentaje final

de plántulas normales, esta variable se redujo en forma significativa en el tratamiento con insecticida más fungicida. Sin embargo, el tratamiento con fungicida no mostró diferencias estadísticamente significativas respecto de las semillas incrustadas. Por lo tanto, puede suponerse que el tratamiento con insecticida es el que ejerce los efectos más depresores del peso de plántulas.

Al comparar los resultados de germinación fisiológica y tecnológica, fue posible distinguir que la generación de radículas mostró una dinámica que no se expresó en forma similar durante la aparición de plántulas. De modo que, durante esta segunda etapa, la respuesta de las semillas incrustadas tiende a igualarse a la de las semillas sin incrustar. Por lo tanto, la aparición en el tiempo de plántulas resultó independiente del incrustado. Si bien los sentidos de las velocidades de germinación fueron opuestos a los hallados por Klein y Sachs (1992) en trigo, puede afirmarse que una vez que las plántulas incrustadas rompieron la cobertura llegaron al mismo punto de desarrollo fisiológico que el testigo y las no incrustadas. Por el contrario, el tamaño de las plántulas, manifestó la misma tendencia que la velocidad radicular, con máximos pesos en los tratamientos de incrustado.

La velocidad de emergencia de radículas, la velocidad de emergencia de plántulas y el peso seco pueden considerarse como estimadores del vigor de las semillas. En estos experimentos, fue posible advertir que la generación de radículas y el crecimiento de plántulas constituyeron variables de interés al momento de valorar el vigor de estas semillas. En cambio, la velocidad de emergencia de plántulas no resultó un parámetro adecuado para describir el comportamiento frente a los tratamientos aplicados. Por lo tanto, será necesario proponer otras técnicas de vigor que expresen con mayor precisión las respuestas al incrustado en términos de generación de plántulas a través del tiempo.

En base a los resultados obtenidos en este capítulo surgen las siguientes:

Conclusiones

- La tecnología de incrustado mantiene la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- El efecto promotor del incrustado solo opera en las primeras horas del proceso de germinación, dado que el incremento detectado sobre la velocidad y el porcentaje de emergencia de radículas no se traslada al porcentaje y velocidad de formación de plántulas.
- El talco sería el material inerte recomendado en las formulaciones de semillas de girasol incrustadas.

CAPITULO 3

Relación entre el incrustado y la variación en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.)

Introducción

Relación entre la germinación fisiológica y la capacidad de absorción de agua de las semillas incrustadas.

Como se demostró en el capítulo previo, el incrustado tiene influencia directa sobre el desempeño germinativo de las semillas de girasol, fundamentalmente en lo que concierne a la germinación fisiológica. Por tal razón, resulta primordial abordar el estudio de las posibles causas de dicho comportamiento.

Varios son los aspectos que podrían considerarse para explorar esta relación. Sin embargo, el factor agua aparece en un lugar destacado dada su importancia en el proceso germinativo de las semillas (Bewley y Black, 1994). En este sentido, Allen *et al.* (1983) evaluaron la emergencia de semillas de girasol recubiertas verificando que, con contenidos medios de agua del suelo, las plántulas provenientes de las semillas incrustadas emergen más temprano. Los autores relacionan el aumento en la velocidad de germinación con la capacidad de las capas de recubrimiento de incrementar la absorción de agua de las semillas.

De este modo, el análisis sobre las posibles causas de la influencia del incrustado en la velocidad de germinación fisiológica debería considerar

necesariamente el flujo de agua desde el medio a través de las capas de incrustado y la dinámica de absorción de agua de las semillas.

Para explorar la relación existente entre la velocidad de germinación fisiológica, la capacidad de absorción de agua y el incrustado, es necesario tener en cuenta la morfología de las semillas de girasol. Sobre este aspecto, Hernandez y Orioli (1985) estudiaron cómo la morfología y el tamaño del fruto afectaron la absorción de agua y la tasa de germinación de las semillas de girasol. La tasa de germinación no es influenciada por el tamaño de fruto. Sin embargo, los frutos más grandes (más de 4,5 mm de espesor) presentan un significativo retraso en el comienzo de su germinación (12 hs) y una menor tasa de absorción de agua durante las primeras 8 horas de germinación en relación a los frutos pequeños (menores a 2,5 mm). Dichos autores sugirieron que el comportamiento en la tasa de germinación podría estar relacionado no solamente a la estructura del pericarpio, sino también a su habilidad para transferir agua a la semilla. En este sentido, señalan que en los frutos pequeños con un pericarpio delgado y en contacto cercano con las semillas, la transferencia de agua a la semilla podría ser más eficiente que en los frutos grandes, en los cuales el contacto entre la semilla y el pericarpio es mucho menor. Por ello concluyen que el pericarpio debe ser reconocido como una ruta importante a través de la cual el agua puede alcanzar la semilla. Resaltan que es necesario considerar que, bajo condiciones naturales de la cama de siembra en un suelo no saturado con agua, solamente una parte de la superficie del pericarpio está en contacto con él. Se establece de este modo la importancia del pericarpio como órgano captador de agua.

La influencia del incrustado en la calidad fisiológica de las semillas debe considerar que las capas de recubrimiento constituyen un obstáculo entre la semilla y el ambiente externo. Dicha barrera modifica la germinación, de acuerdo con el espesor y la naturaleza de sus componentes (Grellier *et al.*, 1999). El incrustado podría ejercer su influencia en la germinación mediante la modificación del microambiente alrededor de las semillas. En este sentido, Bewley y Black (1994) consideran que la duración de las fases de germinación depende de las condiciones prevalecientes en el medio durante la hidratación. En este último

proceso, el grado de contacto de la semilla con el suelo (contacto suelo-semilla) juega un rol muy importante. A su vez, aquellas posiciones que aseguran un buen contacto con el sustrato presentan las mayores tasas de absorción de agua en el periodo de 24 horas de imbibición (Sheldon, 1974). La existencia de las capas de recubrimiento podría modificar la capacidad de absorción de agua al alterar el contacto suelo-semilla en comparación con las semillas no incrustadas. El fundamento fisiológico de esta respuesta relaciona los cambios en la absorción de agua con alteraciones en la duración de las fases de germinación. Dicho comportamiento redundaría finalmente, en la variación de la velocidad de emergencia de radículas de las semillas incrustadas de girasol.

En base a lo mencionado, resulta necesario conocer por un lado la habilidad de absorción de agua de los materiales de incrustado y por el otro su impacto en la disponibilidad de agua para las semillas y su relación con la calidad fisiológica.

La bibliografía relaciona el primer aspecto (la habilidad de absorción de agua de los materiales de incrustado) con su constitución física y sus propiedades de transferencia hídrica. Además de ello, no deben obviarse consideraciones acerca de las formulaciones y concentraciones de adhesivos empleadas, ya que son responsables de la integridad física del incrustado (Scott, 1989) y colocados en exceso pueden retrasar la germinación (Teixeira, 2007).

En este sentido, Grellier *et al.* (1999) caracterizaron la estructura de los materiales de incrustado y estudiaron sus propiedades de transferencia y retención de agua. Evaluaron tres materiales inertes (polvo de silicato, arcilla y arcilla hidrofóbica) combinados con un adhesivo en diferentes concentraciones. En este estudio se detecta que la transferencia de agua de los materiales se incrementa rápidamente a medida que aumenta el potencial agua del medio. Los autores relacionan dicha respuesta a su porosidad y a su capacidad de humedecerse. En los materiales humedecibles (polvo de silicato y arcilla), la distribución de poros tiene un impacto directo sobre el flujo de agua. El polvo de silicato, compuesto por partículas y poros más grandes, es altamente conductivo tan pronto como se establece el contacto con el agua. La arcilla, caracterizada por partículas y poros más pequeños, permite una mejor absorción a potenciales de

agua inferiores. Esto facilita el establecimiento de un film líquido continuo con fuerzas de capilaridad desde el suelo a la semilla. La naturaleza de la arcilla hidrofóbica evita la imbibición del material y limita la transferencia de agua hacia la semilla. Las variaciones en la tasa de transferencia también pueden ser explicadas por las propiedades intrínsecas del adhesivo o de la estructura que induce. En dichos experimentos, el adhesivo facilita la transferencia de agua. Sin embargo, se observa una reducción en el flujo con altas concentraciones del mismo. Estos autores concluyen que tanto, el tamaño de partículas, la porosidad y la capacidad de humedecimiento de los materiales, como su formulación, tienen un impacto directo sobre la dinámica de absorción de agua.

Teixeira (2007) evaluó las propiedades de las partículas provenientes de semillas de *Magonia pubescens* (St. Hil.) empleadas como material inerte para el incrustado de semillas. En sus experimentos, estudió sus propiedades físicas en comparación con excipientes comerciales (celulosa microcristalina, hidroxipropil metilcelulosa, polivinil pirrolidona, lactosa y almidón de maíz). Dicho autor concluye que cada uno de los materiales evaluados absorbe diferentes cantidades de agua en función de sus diferentes propiedades físicas (tamaño de partículas, distribución del tamaño de partículas, densidad y contenido de humedad).

Schneider y Renault (1997a) investigaron el efecto del recubrimiento sobre la dinámica de movimiento de agua. Si bien no evaluaron efectos sobre la germinación, sus estudios permiten estimar los coeficientes de transporte de agua a través de las capas de recubrimiento estableciendo un modelo de flujo de agua. Roos y Moore (1975), en un ensayo empleando dos suelos con distinta capacidad de retención de agua (limo arcilloso y areno limoso), evaluaron el efecto del recubrimiento sobre la performance de semillas de lechuga. En sus estudios concluyen que las semillas recubiertas se comportan en forma diferencial dependiendo de las propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas de los materiales de incrustado y del contenido de agua del suelo.

La influencia del incrustado en la disponibilidad de agua para las semillas y su relación con la calidad fisiológica es un aspecto escasamente documentado. A

pesar de ello, existen referencias en diferentes especies sobre el efecto del recubrimiento, ya sea mejorando o bien reduciendo la absorción de agua.

En soja (*Glycine max* (L.) Merrill), West *et al.* (1984) estudiaron la influencia de diversos polímeros sobre la absorción de agua y el mantenimiento de la calidad de las semillas. Detectaron que solo uno de los materiales evaluados (cloruro del polivinilideno) incrementa la absorción de agua en condiciones estándar de germinación. Este incremento se asocia a aumentos en el porcentaje y en la velocidad de germinación de las semillas recubiertas respecto del control. En base a estos resultados sugieren que bajo condiciones limitantes de humedad, el recubrimiento con dicho polímero podría actuar como un colector de agua por capilaridad o mejorar la tensión superficial aumentando, de este modo, la germinación.

Por su parte, Mc William y Dowling (1970) y Cook (1975) sostienen que el incrustado de semillas forrajeras incrementa la absorción de agua en siembras superficiales, de modo que aumenta su germinación en condiciones ambientales no controladas. Baxter and Waters (1986a) estudiaron el efecto del recubrimiento con polímeros hidrofílicos sobre la absorción de agua en semillas de maíz dulce (*Zea mays* L.) y caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp). En el caso de caupí, hallan reducciones en los porcentajes de emergencia a campo y en el peso seco de plántulas debido a condiciones anaeróbicas generadas por exceso de agua. Estos resultados se asocian a la excesiva absorción de agua producida por la naturaleza proteica de estas semillas en combinación con la actividad del polímero. En el caso del maíz detectan un comportamiento opuesto, con aumentos significativos en el porcentaje de emergencia a campo de las semillas tratadas con dosis de 2,3 g. y 4,6 g. de polímero. Los autores sugieren que esta respuesta se debe a que el polímero incrementa el potencial agua alrededor de las semillas, mejorando el movimiento de agua hacia y dentro de las mismas. Asimismo, advierten que el polímero se expande con la hidratación formando un gel que llena los pliegues del pericarpio aumentando el área de contacto liquido/semilla (o suelo/semilla), considerando esta relación como crítica en el proceso de germinación. El vigor, medido a través del peso seco de las plántulas,

no es afectado por los tratamientos. En condiciones de laboratorio los mismos autores (Baxter y Waters, 1986b) detectan que el recubrimiento aumenta la velocidad de imbibición en semillas de maíz en potenciales de agua similares a capacidad de campo, sugiriendo un comportamiento del polímero similar al explicado anteriormente. La naturaleza coloidal del polímero usado, provee una mayor superficie de absorción de agua, resultando en un alto contenido de agua alrededor de la semilla. Al acelerar la imbibición, reduce el tiempo requerido para la total germinación. Los autores indican que, las causas de estos resultados se relacionan con la posibilidad de que el polímero se sature con agua, a modo de reserva, haciéndola rápidamente disponible para las semillas e incrementando la eficiencia del uso del agua por parte de las mismas.

Schneider y Renault (1997b), cuantificaron los efectos del incremento en los niveles del polímero adhesivo (resina de polivinil acetato) sobre la absorción de agua por parte de semillas de maíz (*Zea mays* L). Estos autores indican que, cuando las semillas son sumergidas en medio líquido, las diferentes dosis de polímero no tienen efecto en la absorción de agua. En cambio, en aire saturado de agua, el polímero mejora la absorción de agua a bajas dosis y la reduce cuando las dosis son altas.

Korpal (1999) manifiesta que la capacidad de germinación de las semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.) recubiertas se ve afectada fuertemente por la absorción de agua de los materiales empleados. Dicho autor, examinó la influencia del aumento en la cantidad de sustancias higroscópicas en las capas de recubrimiento sobre la germinación. Detectó que el incremento de la fracción de la sustancias con alta higroscopicidad ocasiona excesos en la cantidad de agua disponible y por lo tanto una reducción significativa en el porcentaje de germinación. Por lo que, el rango intermedio de agua absorbida (48 a 78 %) muestra los máximos porcentajes de germinación, con valores significativamente superiores respecto de las semillas no recubiertas. Concluye que la calidad de las semillas recubiertas de zanahoria puede ser mejorada mediante la apropiada elección de la composición de los materiales inertes empleados.

Klein y Sachs (1992), examinaron el efecto de diferentes combinaciones de adhesivos como laca, resina de cloruro del polivinilideno y arcilla como material inerte, sobre la absorción de agua de semillas de trigo. Los tratamientos resultan en una mejora en la absorción de agua en las primeras veinticuatro horas de germinación comparadas con el control. Dichos autores indican que esta respuesta se debe a la naturaleza hidrofílica del material inerte, ya que la laca y la resina no restringen significativamente la absorción de agua. En las 72 horas siguientes, sin embargo, la tasa de absorción de agua por parte de las semillas recubiertas, se reduce. Los autores asociaron dicho comportamiento con la saturación del material inerte a medida que transcurre el tiempo de germinación.

Relación entre la germinación fisiológica y el efecto pregerminativo del incrustado sobre las semillas de girasol.

Así cómo es posible hallar las causas del incremento en la velocidad de germinación en la dinámica de absorción de agua de las semillas incrustadas, también es necesario considerar que el proceso de incrustado involucra la aplicación de grandes cantidades de agua con la solución de adhesivo. Por lo tanto, es factible que el agua colocada durante el incrustado se traslade a la semilla, ocasionando un desencadenamiento inadvertido de la germinación inmediatamente después de realizado el tratamiento (Mc Donald, 1998).

En ese sentido, Silva y Nakagawa (1998) en semillas incrustadas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), detectan que las semillas a las que se les quita el material de recubrimiento inmediatamente luego del tratamiento, muestran porcentajes de germinación e índices de velocidad de germinación superiores respecto de las semillas no incrustadas. Relacionaron este comportamiento con la hipótesis de que ocurre pregerminación de las semillas durante las fases de procesamiento y secado de los pellets. Lush *et al.* (1981) sometieron a semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) y raigras (*Lolium rigidum* Gaud.) a hidratación con cantidades conocidas de agua. Su objetivo fue explorar los efectos del pretatamiento de hidratación-deshidratación sobre los atributos fisiológicos de germinación y

crecimiento temprano de plántulas. Lograron detectar que la velocidad de germinación de ambas especies es el doble respecto del testigo a causa de una reducción en la longitud de la fase lag de germinación. A pesar de ello corroboran que a altas dosis de agua añadida se produce una reducción significativa en dicha velocidad, reflejando algún grado de daño en las semillas.

Del análisis de la bibliografía se interpreta que existe información respecto a la posible interferencia de los distintos tipos de recubrimiento en la absorción de agua por parte de las semillas. Sin embargo, en ningún caso, se mencionan estudios sobre la cantidad de agua que efectivamente llega a las semillas al atravesar las capas de incrustado y de qué manera influye esto en la duración de las fases de germinación o las tasas de imbibición. En cuanto al eventual efecto pregerminativo del incrustado, no se han encontrado referencias sobre la estimación de dosis de solución de adhesivo que garanticen un óptimo proceso o su relación con el desencadenamiento y la velocidad de germinación en semillas de girasol.

De lo expuesto se desprende la necesidad de conocer por un lado cómo influye el incrustado en la capacidad de absorción de agua de las semillas, y por el otro, el posible efecto pregerminativo del agua utilizada en el proceso de incrustado. El estudio de ambos procesos intentará, en lo que al factor agua se refiere, identificar las causas del aumento en la velocidad de germinación fisiológica como consecuencia de la aplicación de la tecnología de incrustado.

En base al análisis precedente se plantea la siguiente

Hipótesis

- La variación en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol (*Helianthus annuus* L.) se debe a la modificación en su capacidad de absorción de agua impuesta por las capas de

recubrimiento o al efecto pregerminativo que ocasiona el proceso de incrustado.

Por lo expuesto, se plantean los siguientes

Objetivo General

Establecer las causas de la variación en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol (*Helianthus annuus* L.).

Objetivos Específicos

- Evaluar el impacto de las capas de recubrimiento en la capacidad de absorción de agua de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Determinar la influencia del incrustado en la duración de las fases de germinación de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
 - Estudiar el efecto del incrustado sobre la tasa de imbibición de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.).
 - Conocer si la solución de adhesivo aplicada durante el proceso de incrustado, actúa como tratamiento pregerminativo.

Materiales y Métodos

Materiales

Los materiales empleados para la realización de estos ensayos son los mismos a los mencionados en el capítulo 2.

Métodos

Metodología para determinar la capacidad de absorción de agua de los materiales inertes aislados.

Este ensayo se realizó con el objetivo de conocer el comportamiento del talco y el carbonato desde el punto de vista de su afinidad al agua. Para ello se los analizó en forma aislada, colocándolos en un embudo que contenía papel filtro saturado con agua. Sobre dicho papel se colocaron 100 gramos de cada material y se vertieron 100 ml de agua. Luego de 24 hs de escurrimiento, se determinó la capacidad de retención de agua mediante la diferencia entre la cantidad de agua aplicada y lo escurrido en un vaso de precipitado. El procedimiento empleado es el que se describe en Peretti (1994), para determinar la capacidad de retención de agua de los sustratos para germinación, en el cual se reemplazó la arena por el talco o carbonato.

Metodología para evaluar la capacidad de absorción de agua de las semillas incrustadas.

La capacidad de absorción de las semillas se estudió en semillas tratadas con: agua, insecticida + fungicida, incrustadas con talco, incrustadas con carbonato, incrustadas con talco más insecticida más fungicida y testigo. Se colocaron 3 repeticiones de 25 semillas de cada tratamiento en cajas de Petri entre dos piezas de papel filtro tipo Whatman humedecidos con 2,5 ml de agua destilada a una temperatura de 25° C.

El efecto de las capas de recubrimiento sobre la capacidad de absorción de agua de las semillas se estudió mediante las siguientes determinaciones:

1. Cantidad de agua absorbida por las semillas incrustadas y sin incrustar.

Para conocer la cantidad de agua absorbida por las semillas incrustadas y sin incrustar durante el proceso de germinación, se procedió a la determinación del peso húmedo de las mismas en momentos definidos de tiempo durante las primeras 40 hs de germinación (1, 2, 4, 5, 10, 17, 22, 27, 28, 29, 33, 35, 37, 39, 40 horas). El incremento en peso fue referido al peso seco de la semilla incrustada (West *et al.* 1984). El peso seco fue medido sobre las mismas semillas que se colocaron a germinar. La cantidad de horas para finalizar el ensayo fue determinada previamente observando el momento en el cual se produjo la protrusión de radícula del 50 % de las semillas. Los resultados expresaron mediante el promedio de la cantidad de agua absorbida, en gramos, por 25 semillas para cada hora de germinación.

2. Cantidad de agua absorbida por las semillas y por los materiales inertes.

Para conocer la cantidad de agua que efectivamente llegó a las semillas y la cantidad de agua que es capaz de absorber el material de incrustado en cada momento de germinación se procedió a la extracción de las capas de recubrimiento. Este procedimiento se realizó tomando cada una de las semillas y limpiándolas cuidadosamente con un paño húmedo hasta eliminar completamente cualquier rastro de material de cobertura. Posteriormente se esperó unos segundos hasta verificar que el pericarpio estuviera completamente seco y se procedió al pesado de las semillas. La operación mencionada se realizó desde la hora cinco hasta la hora cuarenta del periodo de germinación. La cantidad de agua absorbida por parte de los materiales de incrustado se calculó mediante la diferencia entre el peso húmedo de las semillas incrustadas y el peso húmedo de las semillas sin el material de incrustado. El incremento en peso de las semillas fue referido al peso seco de la semilla incrustada. Los resultados se expresaron mediante el promedio de la cantidad de agua absorbida, en gramos, por 25 semillas para cada hora de germinación.

3. Duración de las fases de germinación.

Una vez conocida la cantidad de agua que llegó a las semillas en sí mismas, se procedió a comparar dicho contenido, entre los diferentes tratamientos de incrustado y sin incrustar. Este análisis permitió evaluar el comportamiento de las semillas mediante la curva trifásica de germinación (Bewley y Black, 1994). De modo que, la duración de las fases se calculó a través de la representación de la absorción de agua de las semillas en función de las horas de germinación. La determinación de los puntos de inflexión de la curva se realizó a través del análisis estadístico de la cantidad de agua absorbida por las semillas en cada hora de germinación, para cada tratamiento. Dicha separación consideró el hecho de que durante la fase I (imbibición) se produce un incremento significativo en el contenido de agua a medida que transcurre el tiempo, debido fundamentalmente al componente mátrico del potencial agua. En cambio, durante la fase II (fase “lag”) no se evidencia cambio alguno en la cantidad de agua absorbida, de modo que el contenido de agua en esas horas de germinación no resulta significativamente diferente. Finalmente al inicio de la fase III, se producen de nuevo incrementos significativos de la cantidad de agua de las semillas respecto del alcanzado en el periodo previo (Bewley y Black, 1994).

4. Tasa de imbibición.

Esta variable se calculó mediante el valor de la pendiente del gráfico del contenido de agua, que efectivamente llegó a las semillas, en función del tiempo, para la fase I. Los resultados se expresaron en gramos de agua por semilla por hora.

5. Relación entre la cantidad de radículas emergidas y el contenido de agua de las semillas.

Esta relación se evaluó mediante el coeficiente de regresión (R^2) de la pendiente de la curva entre el porcentaje de radículas emergidas y la cantidad de agua absorbida por las semillas (expresada en gramos).

Metodología para determinar la relación entre la germinación fisiológica y el efecto pregerminativo del incrustado con talco sobre las semillas de girasol.

Dada la gran cantidad de agua que se agrega junto con la solución de adhesivo, se evaluó si el incremento en la velocidad de germinación se debió a su capacidad de actuar como tratamiento pregerminativo. Por tal razón, se procedió a incrustar a las semillas con dosis crecientes de la solución de adhesivo (Equate = EQ), manteniendo constante la cantidad de material inerte (I). Para la realización de este experimento se empleó solo el talco como material inerte, debido a que fue la sustancia recomendada en función de los análisis previos. El efecto del incrustado se comparó con la aplicación de agua en forma individual en diferentes dosis. Asimismo se obtuvieron tratamientos con diferentes dosis de agua a las que además se le añadió el incrustado (tratamientos de incrustado más agua). Conjuntamente se aplicó a las semillas la solución de adhesivo en forma individual (sin material inerte, es decir, sin incrustado). De este modo, los tratamientos que surgieron fueron los siguientes:

I. Semillas sin incrustado:

- Testigo.
- 200 ml agua /kg de semillas (200 ml agua /kg)
- 400 ml agua /kg de semillas (400 ml agua /kg)
- 600 ml agua /kg de semillas (600 ml agua /kg)
- 200 ml adhesivo/ kg de semillas (200 ml EQ/kg)

II. Semillas con incrustado:

a. Solo incrustadas :

- 100 ml EQ+ I /kg de semillas (100 ml EQ+ I /kg)
- 200 ml EQ+ I /kg de semillas (200 ml EQ+ I /kg)
- 300 ml EQ+ I /kg de semillas (300 ml EQ+ I /kg)

b. Incrustadas + agua:

- 200 ml agua /kg de semillas + 100 ml EQ+I /kg de semillas
- 200 ml agua /kg de semillas + 200 ml EQ+I /kg de semillas
- 400 ml agua /kg de semillas + 200 ml EQ+I /kg de semillas

Nota: ml/kg: mililitros de adhesivo (EQ) o agua por kilogramo de semillas. Dosis de inerte (I)= 500 gr/Kg. de semillas

La relación entre la germinación fisiológica y el efecto pregerminativo del incrustado se evaluó desde el punto de vista de la emergencia de radículas y desde el punto de vista de la emergencia de plántulas. En el caso de los experimentos sobre emergencia de radículas, se extrajeron cuatro repeticiones de cincuenta semillas de cada tratamiento y se colocaron en cajas de Petri de 9 cm de diámetro. Cada caja contenía dos piezas de papel filtro tipo Whatman humedecidos con 2,5 ml de agua destilada. Una vez realizada la siembra, las cajas fueron envueltas con film plástico para evitar la pérdida de agua y colocadas en cámara de germinación a una temperatura de 25 °C y 12 hs. de alternancia luz/oscuridad. El recuento de radículas emergidas se realizó a las 24, 26, 28, 30, 32, 34, 37, 40, 43, 45, 47 y 49 horas desde la siembra. Se consideraron como emergidas aquellas radículas que presentaron una longitud mayor a 2 mm, siguiendo la recomendación de Hernández y Paoloni (1990). Sobre este aspecto de la germinación se consideraron las siguientes variables:

1. Tiempo para la emergencia del 50 % de radículas (G50).

El tiempo para la emergencia del 50% de las radículas (G50 = horas para 50% de emergencia máxima), se calculó según la fórmula de Ranal y García de Santana (2006):

$$G_{50} = \frac{\left[\left(\frac{G_{MAX}}{2} \right) - G_1 \right] \times (D_2 - D_1)}{G_2 - G_1} + D_1$$

Donde:

G50: horas para alcanzar el 50% de semillas con radícula emergida.

G_{MAX}: cantidad máxima de semillas con radícula emergida.

D₁: inicio del intervalo en horas donde ocurre la emergencia del 50 % de las radículas.

D₂: fin del intervalo en horas donde ocurre la emergencia del 50 % de las radículas.

G₁: cantidad de radículas emergidas en D₁

G₂: cantidad de radículas emergidas en D₂

2. Porcentaje final de semillas con radícula emergida (%FR).

$$\%FR = N^{\circ}RE \times 100 / N^{\circ}TS.$$

Donde:

%FR: porcentaje final de semillas con radícula emergida.

N°RE: cantidad de semillas con radícula emergidas .

N°TS: cantidad total de semillas

A fin de estudiar la germinación desde un punto de vista tecnológico, se sembraron 4 repeticiones de 50 semillas de los tratamientos con y sin incrustado mediante la técnica “entre papel” (rollo). Los rollos se colocaron en el interior de una bolsa plástica cerrada en sus extremos para evitar la pérdida de agua. El ensayo de germinación se efectuó en condiciones óptimas, según las Reglas para Análisis de Semillas Revestidas de la ISTA (2010). Se utilizó una temperatura de

25 °C continuos, con una alternancia de 12 hs de luz/oscuridad. Para alcanzar dichas condiciones las semillas fueron colocadas en una cámara de germinación. Se procedió al estudio de emergencia de plántulas mediante la determinación de las siguientes variables:

1. Porcentaje de Germinación (PG).

El porcentaje de germinación se determinó considerando las categorías de plántulas normales, anormales, semillas muertas y frescas al 10^o día desde el inicio del test, según lo establecen las normas ISTA (2010) para este cultivo. De este modo, el porcentaje de germinación se calculó de la siguiente manera:

$$PG = N^{\circ}PN10 \times 100 / N^{\circ}TS.$$

PG: porcentaje de germinación.

N°PN10: cantidad de plántulas normales emergidas el día 10 desde la siembra.

N°TS: cantidad total de semillas.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Tanto en los ensayos para evaluar la dinámica de absorción de agua, como en aquellos realizados para determinar la relación entre el incrustado y el efecto pregerminativo, se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA). En el caso de las variables medidas en porcentaje, previo a la realización de los análisis estadísticos, los datos se transformaron por arco seno (Little, 1985) según:

$$y = \text{arco seno } (\sqrt{(G_{\text{max}} / 100)})$$

Los datos presentados en tablas y figuras corresponden a los porcentajes sin transformar. En ambos tipos de experimentos, se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para detectar diferencias entre los tratamientos con un nivel de

significancia del 5%. La comparación de medias se efectuó mediante el test DGC del programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados

Capacidad de absorción de agua de los materiales inertes aislados.

Los materiales inertes empleados para el incrustado se caracterizaron como hidrofílicos, ya que fueron capaces de absorber y retener agua. Mediante el cálculo de su capacidad de retención, se determinó que el talco retuvo un 65 % de la cantidad de agua aplicada y el carbonato un 48,8 %.

Capacidad de absorción de agua de las semillas incrustadas.

1. Cantidad de agua absorbida por las semillas incrustadas y sin incrustar.

La Figura 3.1 muestra las diferencias en la cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos incrustados y sin incrustar. El contenido de agua de las semillas incrustadas resultó significativamente superior en comparación con aquellas sin incrustar (agua, insecticida + fungicida y testigo). Además de ello, para cada hora de germinación no existieron diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos incrustados entre sí, ni de los tratamientos sin incrustar entre sí.

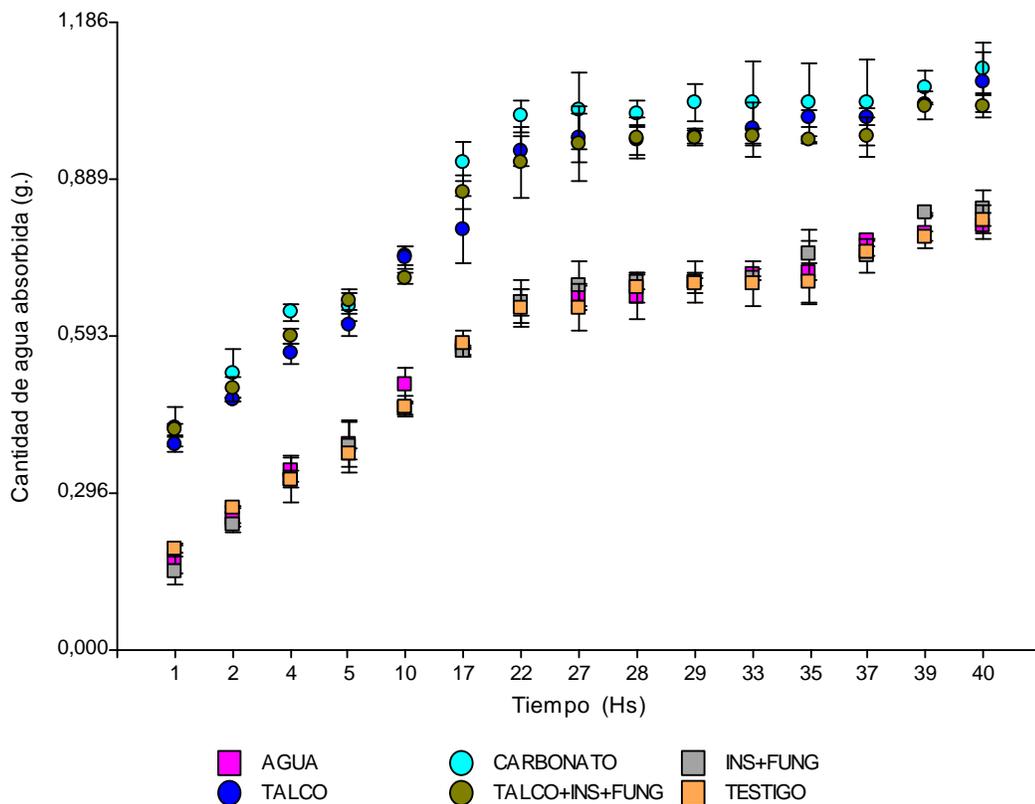


Figura 3.1. Cantidad de agua absorbida por las semillas incrustadas y sin incrustar (expresada en gramos) durante 40 hs. Cada punto del gráfico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas.

2. Cantidad de agua absorbida por las semillas y por los materiales de inertes.

Las Figuras 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3 muestran la cantidad de agua que absorbieron las semillas incrustadas, semillas sin el incrustado y los materiales inertes a lo largo del tiempo de germinación. En los tres casos, se observó que el contenido de agua de los materiales inertes de los tratamientos con carbonato, talco y talco + insecticida + fungicida, alcanzó rápidamente valores elevados. Dicho contenido de agua permaneció constante a lo largo de todo el proceso, constituyendo alrededor de un 55% del contenido total de agua de las semillas incrustadas. Por otra parte la cantidad de agua que llegó efectivamente a las semillas fue aproximadamente un 50% inferior en comparación con el testigo para los tres tipos de incrustado.

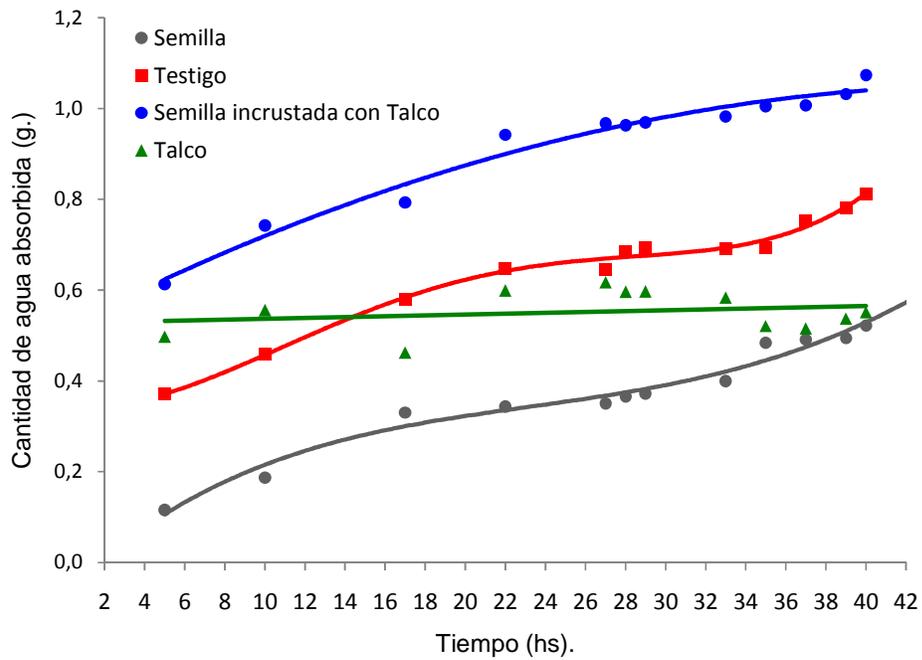


Figura 3.2.1 Cantidad de agua absorbida por las semillas, semillas incrustadas, el material inerte (talco) y el testigo (expresada en gramos) desde la hora 5 hasta la hora 40. Por “Semilla” se entiende a la semilla a la cual se le eliminó el recubrimiento y por “Testigo” a aquella que no fue recubierta.

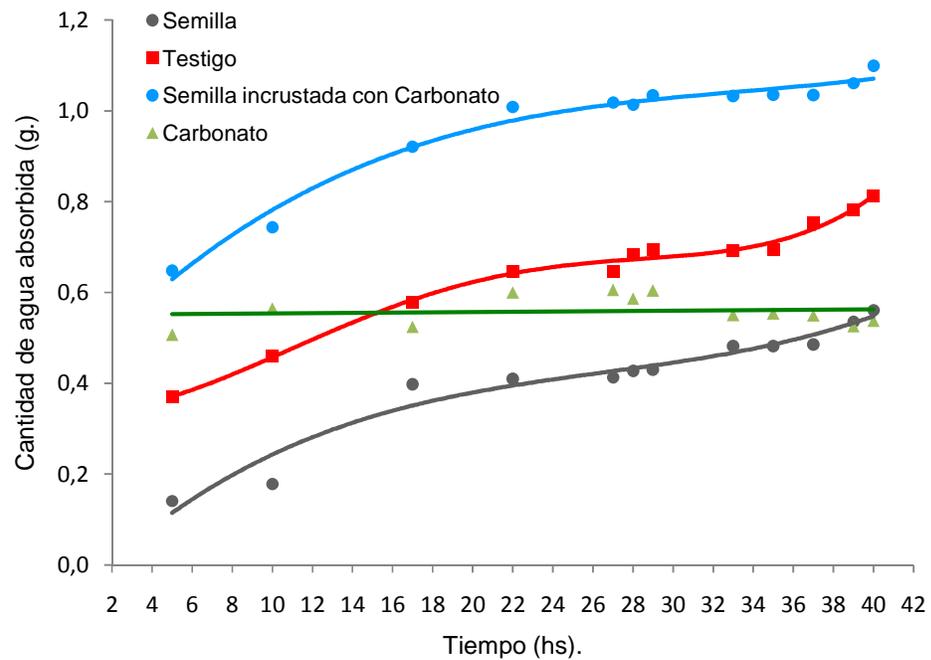


Figura 3.2.2 Cantidad de agua absorbida por las semillas, semillas incrustadas, el material inerte (carbonato) y el testigo (expresada en gramos) desde la hora 5 hasta la hora 40. Por “Semilla” se entiende a la semilla a la cual se le eliminó el recubrimiento y por “Testigo” a aquella que no fue recubierta.

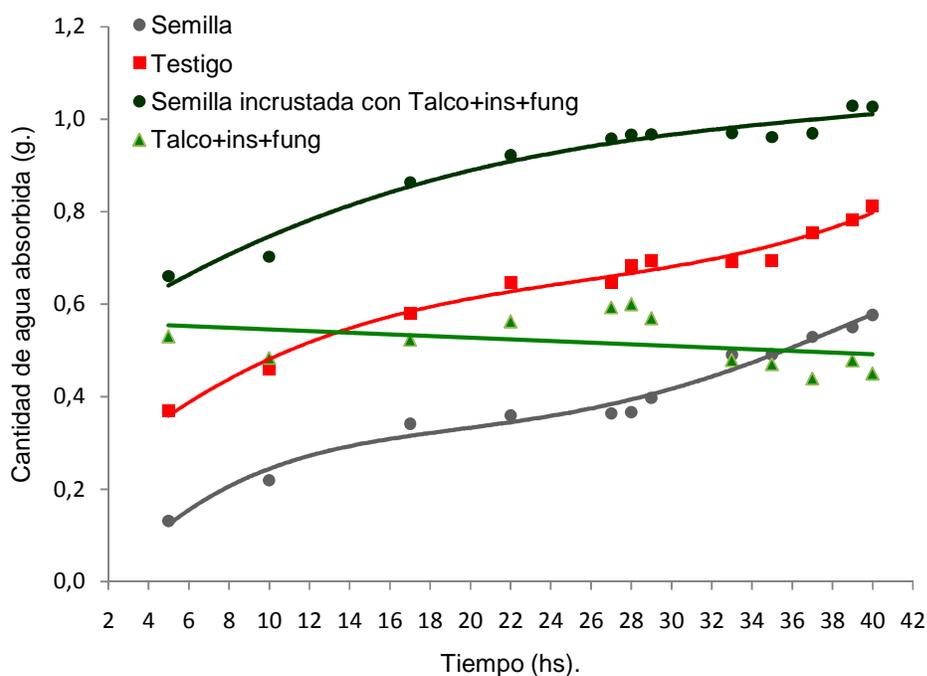


Figura 3.2.3 Cantidad de agua absorbida por las semillas, semillas incrustadas, el material inerte (talco + insecticida + fungicida) y el testigo (expresada en gramos) desde la hora 5 hasta la hora 40. Por “Semilla” se entiende a la semilla a la cual se le eliminó el recubrimiento y por “Testigo” a aquella que no fue recubierta.

3. Duración de las fases de germinación.

Las figuras 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3 permiten distinguir la cantidad de agua que realmente absorbieron las semillas. Esta información se utilizó para la construcción de la Figura 3.3. En ella se representó dicha cantidad para los tres tratamientos de incrustado en comparación con los tratamientos sin incrustar. Se verifica que la cantidad de agua que efectivamente llegó a las semillas de los tratamientos incrustados fue significativamente inferior a la de las semillas de los tratamientos sin incrustar y del testigo. Por otra parte, se observa que la cantidad de agua absorbida en los tratamientos con incrustado no difirió significativamente entre sí. Del mismo modo, al comparar los tratamientos sin incrustar, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de agua absorbida.

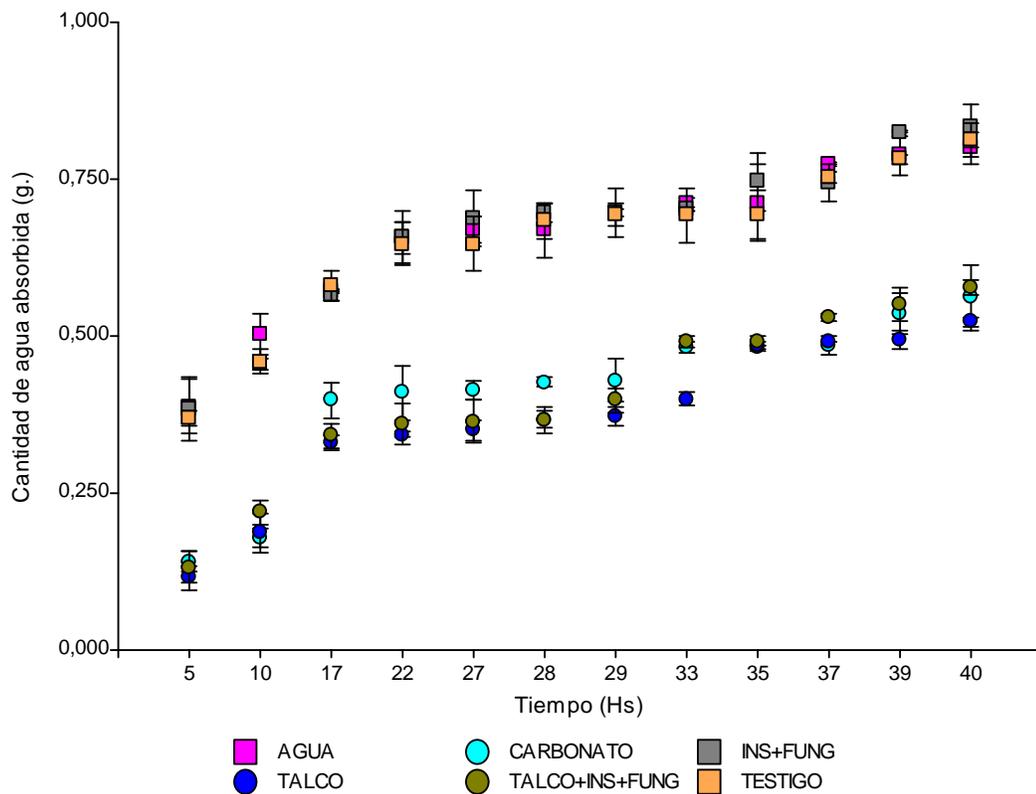


Figura 3.3. Cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos incrustados sin su recubrimiento y sin incrustar expresada en gramos. Cada punto del gráfico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas.

La Tabla 3.1 muestra la cantidad de agua que efectivamente llegó a las semillas a lo largo de las primeras 40 horas de germinación. Las diferencias significativas detectadas permitieron definir los puntos de inflexión de la curva trifásica de absorción de agua y por lo tanto, la duración de sus fases. En la Figura 3.4. es posible observar la duración de las fases de los tratamientos sin incrustar. Los resultados son los mismos de la Figura 3.3 a los que se les añadió el análisis estadístico contenido en la Tabla 3.1. Tanto en las semillas tratadas con agua, como con insecticida + fungicida y testigo, la fase I presentó una duración de 22 hs. En cambio, la duración de la fase II fue de 13 hs en el caso del testigo y el tratamiento con agua (22 a 35 hs), mientras que en las semillas con insecticida + fungicida, fue de 15 hs (22 a 37 hs).

Tabla 3.1. Cantidad de agua absorbida por las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en cada hora de germinación (g.).

Tratamiento.	Hora de germinación.												C.V. (%)
	5	10	17	22	27	28	29	33	35	37	39	40	
Testigo.	0,370 E	0,460 D	0,580 C	0,647 B	0,647 B	0,683 B	0,693 B	0,693 B	0,694 B	0,754 A	0,782 A	0,813 A	4,2
Agua.	0,388 E	0,502 D	0,571 C	0,658 B	0,668 B	0,669 B	0,696 B	0,711 B	0,712 B	0,774 A	0,788 A	0,800 A	5,2
Ins+fung.	0,384 E	0,455 D	0,565 C	0,657 B	0,688 B	0,696 B	0,697 B	0,703 B	0,744 B	0,747 B	0,825 A	0,834 A	4,2
Talco.	0,116 E	0,187 D	0,331 C	0,343 C	0,350 C	0,366 C	0,372 C	0,400 B	0,484 A	0,492 A	0,495 A	0,522 A	4,5
Carbonato.	0,141 D	0,179 D	0,398 C	0,409 C	0,413 C	0,427 C	0,430 C	0,482 B	0,482 B	0,485 B	0,535 A	0,561 A	6,9
Talco+insect+fung	0,131 E	0,219 D	0,341 C	0,360 C	0,364 C	0,367 C	0,398 C	0,491 B	0,492 B	0,530 A	0,550 A	0,577 A	5,7

† Letras distintas indican diferencias significativas para cada fila al 5%.

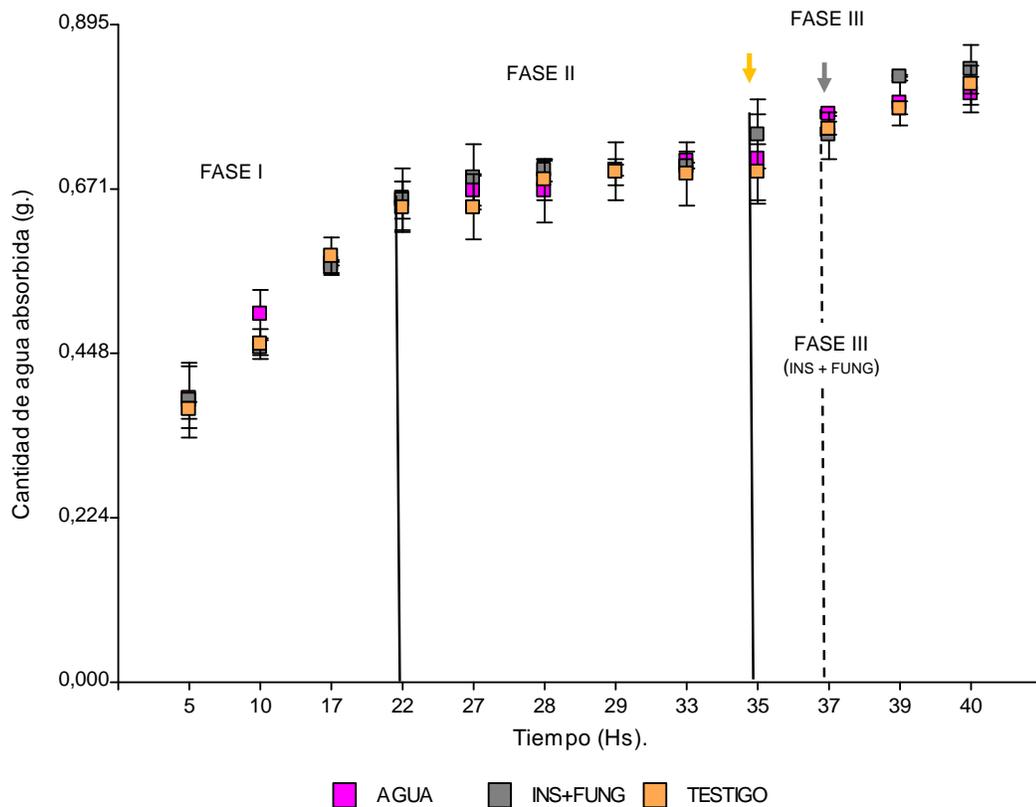


Figura 3.4. Duración de las fases de germinación calculada en base a la cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos sin incrustar (g.) en función del tiempo. Los datos son similares a los de la Figura 3.3 a los que se le añadió la información contenida en la Tabla 3.1. Cada punto del gráfico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas. Las flechas indican el momento de emergencia de radículas.

En la Figura 3.5 se observa la cinética de absorción de agua para los tratamientos incrustados con talco, carbonato y talco+insecticida+fungicida. Los resultados son los mismos de la Figura 3.3 a los que se le añadió la información contenida en la Tabla 3.1. La duración de la fase I (imbibición) fue de 17 hs y la de la fase II de 12 hs (17 a 29 hs) sin diferencias entre los tratamientos. De esta manera, en el caso de las semillas provenientes de los tres tipos de incrustado, el comienzo de la fase III se produjo a la hora 29 desde el inicio de la germinación.

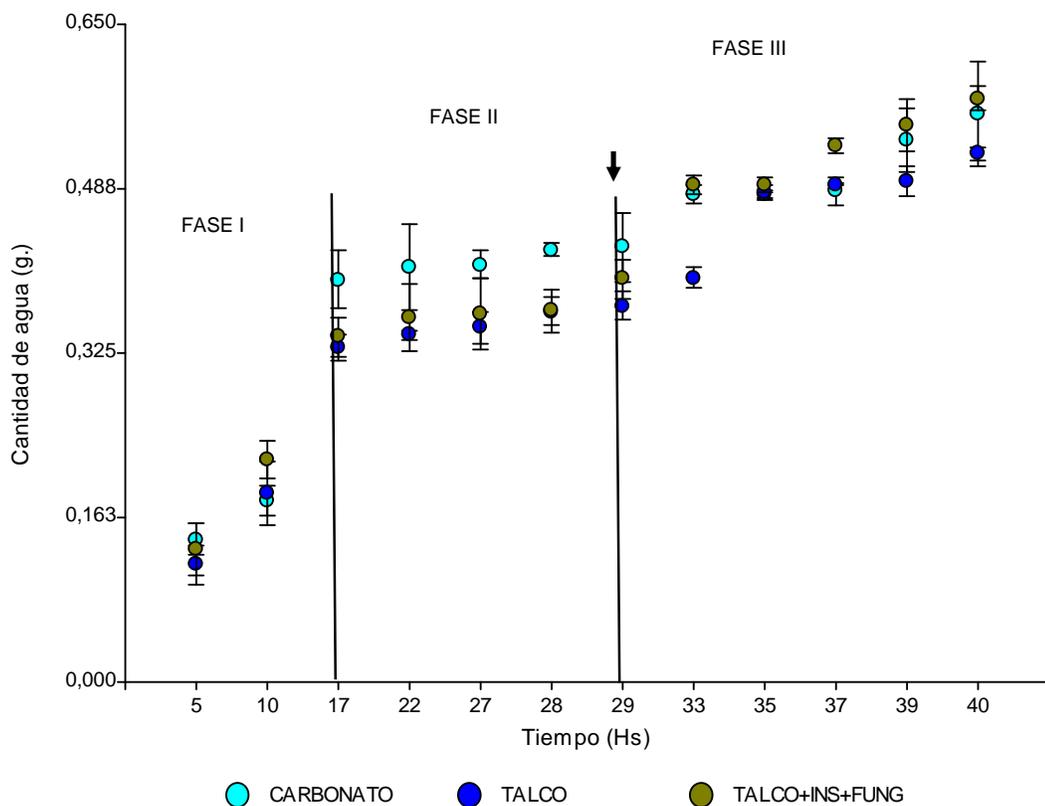


Figura 3.5. Duración de las fases de germinación calculada en base a la cantidad de agua absorbida por las semillas de los tratamientos con incrustado (g.) en función del tiempo. Los resultados son los mismos de la Figura 3.3 a los que se le añadió la información contenida en la Tabla 3.1. Cada punto del gráfico corresponde al promedio de la cantidad de agua absorbida por 25 semillas. La flecha indica el momento de emergencia de radículas.

Si se compara la duración de las fases de los tratamientos con y sin incrustado (Tabla 3.2), se observa una disminución de la duración de la fase I en las semillas provenientes de los tratamientos con incrustado en relación a las semillas sin incrustar (17 vs. 22 hs respectivamente). En el caso de la fase II, la diferencia más notable se detectó entre las semillas con incrustado (12 hs) respecto del tratamiento con insecticida + fungicida (15 hs), en el cual se detectó la mayor duración de la fase II.

Tabla 3.2. Duración (hs) de las fases de germinación de semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

	Tratamiento	Fase I (hs)	Fase II (hs)	Fase III (hs)
Semillas no incrustadas	Testigo	22	13	5
	Agua	22	13	5
	Insecticida + Fungicida	22	15	3
Semillas incrustadas	Carbonato	17	12	11
	Talco	17	12	11
	Talco + Insecticida + Fungicida	17	12	11

4. Tasa de imbibición.

La tasa de imbibición (fase I), obtenida a partir de los resultados graficados en las Figuras 3.4 y 3.5 y cuyos valores se muestran en la Tabla 3.3, fue estadísticamente superior solo en las semillas incrustadas con carbonato respecto del resto de los tratamientos.

Tabla 3.3. Tasa de imbibición, (g. agua/ semilla.hora), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

Tratamiento		Tasa de Imbibición. Fase I (gr. agua/ semilla.hora) ¹
Semillas no incrustadas	Testigo	0,016 ± 0,002 B
	Agua	0,015 ± 0,001 B
	Insecticida + Fungicida	0,015 ± 0,002 B
Semillas incrustadas	Carbonato	0,021 ± 0,002 A
	Talco	0,017 ± 0,001 B
	Talco + Insecticida + Fungicida	0,017 ± 0,001 B
C.V. (%)		7,9

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

5. Relación entre la cantidad de radículas emergidas y la cantidad de agua absorbida por las semillas.

La relación entre la cantidad de radículas emergidas y la cantidad de agua absorbida por las semillas (Figura 3.6) demostró que el contenido de agua efectivamente absorbido por las semillas incrustadas es aproximadamente la mitad de la necesaria para lograr la germinación de un número similar de semillas no incrustadas. La cantidad de semillas con radícula emergida de las semillas incrustadas a las 40 hs de germinación fue máxima, teniendo en cuenta que se sembraron 50 semillas. En cambio, en las semillas no incrustadas y el testigo, dicho valor fue de 25 a 35 semillas. Este resultado verifica el retraso en la velocidad de germinación de las semillas de los tratamientos sin incrustado cuando se las compara con las semillas incrustadas.

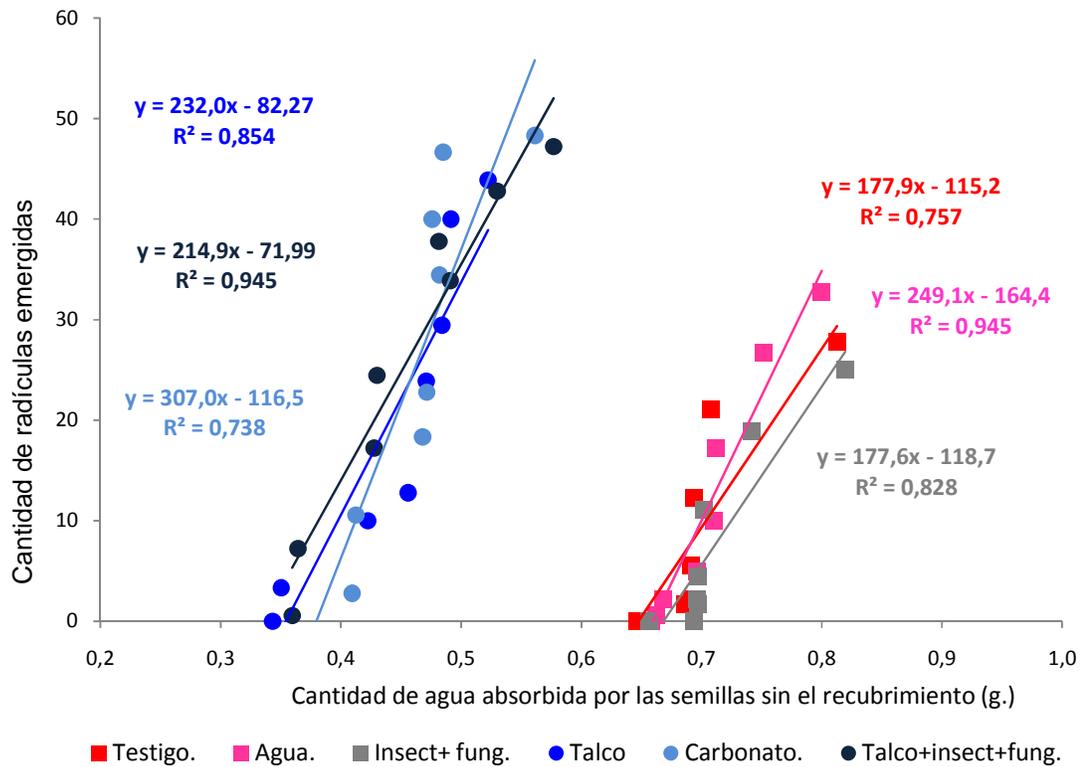


Figura 3.6. Cantidad de radículas emergidas hasta la hora 40 en función de la cantidad de agua absorbida por las semillas de girasol incrustadas, sin el recubrimiento, y no incrustadas.

Relación entre la germinación fisiológica y el efecto pregerminativo del incrustado con talco sobre las semillas de girasol.

En la segunda serie de ensayos se estudió el posible efecto pregerminativo del incrustado a través del análisis de la emergencia de radículas y plántulas.

1. Tiempo para la emergencia del 50 % de radículas (G50).

El tiempo para la emergencia del 50 % de las radículas no varió en forma significativa al comparar los distintos tratamientos con incrustado e incrustado + agua excepto en el caso del tratamiento con 100 ml EQ+I /kg en el cual la velocidad de emergencia fue significativamente superior (Tabla 3.4). Dichos

tratamientos tampoco se diferenciaron de la dosis de 600 ml/kg de agua. Las dosis de 200 y 400 ml agua /kg de semillas, mostraron una emergencia radicular que no difirió significativamente entre sí, ni respecto del testigo, siendo todos ellos más lentos en comparación con las semillas incrustadas (incrustadas solamente e incrustadas + agua). Las semillas tratadas con adhesivo solamente, presentaron la menor velocidad de emergencia, con diferencias significativas respecto del testigo y de los tratamientos con incrustado e incrustado + agua.

Tabla 3.4. Tiempo para la emergencia del 50 % de las radículas, G50 (hs), para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos.

	Tratamiento	G50 (hs.) ¹
Semillas no incrustadas	200 ml agua /kg	35,2 ± 1,5 c
	400 ml agua /kg	32,8 ± 0,8 c
	600 ml agua /kg	27,9 ± 1,1 b
	200 ml EQ /kg	39,1 ± 0,8 d
	Testigo	34,0 ± 0,7 c
Semillas incrustadas	100 ml EQ+ I /kg	25,0 ± 0,4 a
	200 ml EQ+ I /kg	27,6 ± 1,7 b
	300 ml EQ+ I / kg	28,4 ± 1,9 b
	200 ml agua /kg + 100 ml EQ+I /kg	27,1 ± 0,2 b
	200 ml agua /kg + 200 ml EQ+I /kg	27,8 ± 1,2 b
	400 ml agua /kg + 200 ml EQ+I /kg	27,6 ± 0,7 b
C.V. (%)		3,7

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

2. Porcentaje final de semillas con radícula emergida (%FR).

Los tratamientos con 100 ml/Kg. de EQ+I y con 600 ml/Kg de agua mostraron los mayores porcentajes de emergencia radicular, sin diferencias significativas entre sí (Tabla 3.5). Para el resto de los tratamientos, el porcentaje

final de semillas con radícula emergida no presentó diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con incrustado, ni entre ellos, ni respecto del testigo.

Tabla 3.5. Porcentaje final de semillas con radícula emergida, (%FR), para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos.

	Tratamiento	%FR ¹
Semillas no incrustadas	200 ml agua /kg	93 ± 3 b
	400 ml agua /kg	95 ± 2 b
	600 ml agua /kg	97 ± 3 a
	200 ml EQ /kg	90 ± 0 b
	Testigo	86 ± 4 b
Semillas incrustadas.	100 ml EQ+ I /kg	99 ± 1 a
	200 ml EQ+ I /kg	95 ± 3 b
	300 ml EQ+ I / kg	92 ± 2 b
	200 ml agua /kg + 100 ml EQ+I /kg	95 ± 2 b
	200 ml agua /kg + 200 ml EQ+I /kg	92 ± 2 b
	400 ml agua /kg + 200 ml EQ+I /kg	89 ± 2 b
C.V. (%)		4

¹ Letras distintas indican diferencias significativas al 5%. La diferencia a 100 % corresponde a semillas no germinadas hasta la hora 49 de germinación.

2. Porcentaje de Germinación (PG).

Con respecto al porcentaje de germinación (Tabla 3.6), no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de incrustado, incrustado más agua, ni testigo. Las categorías de semillas muertas y plántulas anormales, tampoco evidenciaron diferencias entre los tratamientos, ni con el testigo (Figura 3.7).

Tabla 3.6. Porcentaje de germinación, PG (%), para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos.

Tratamiento		PG ¹
Semillas no incrustadas	200 ml agua /kg	89 ± 2
	400 ml agua /kg	91 ± 5
	600 ml agua /kg	92 ± 5
	200 ml EQ /kg	86 ± 5
	Testigo	85 ± 1
Semillas incrustadas.	100 ml EQ + I /kg	90 ± 2
	200 ml EQ + I /kg	90 ± 2
	300 ml EQ + I / kg	88 ± 5
	200 ml agua /kg + 100 ml EQ+I /kg	90 ± 4
	200 ml agua /kg + 200 ml EQ+I /kg	85 ± 3
	400 ml agua /kg + 200 ml EQ+I /kg	89 ± 5
C.V. (%)		5

¹La diferencia a 100 % corresponde a plántulas anormales, semillas muertas y frescas.

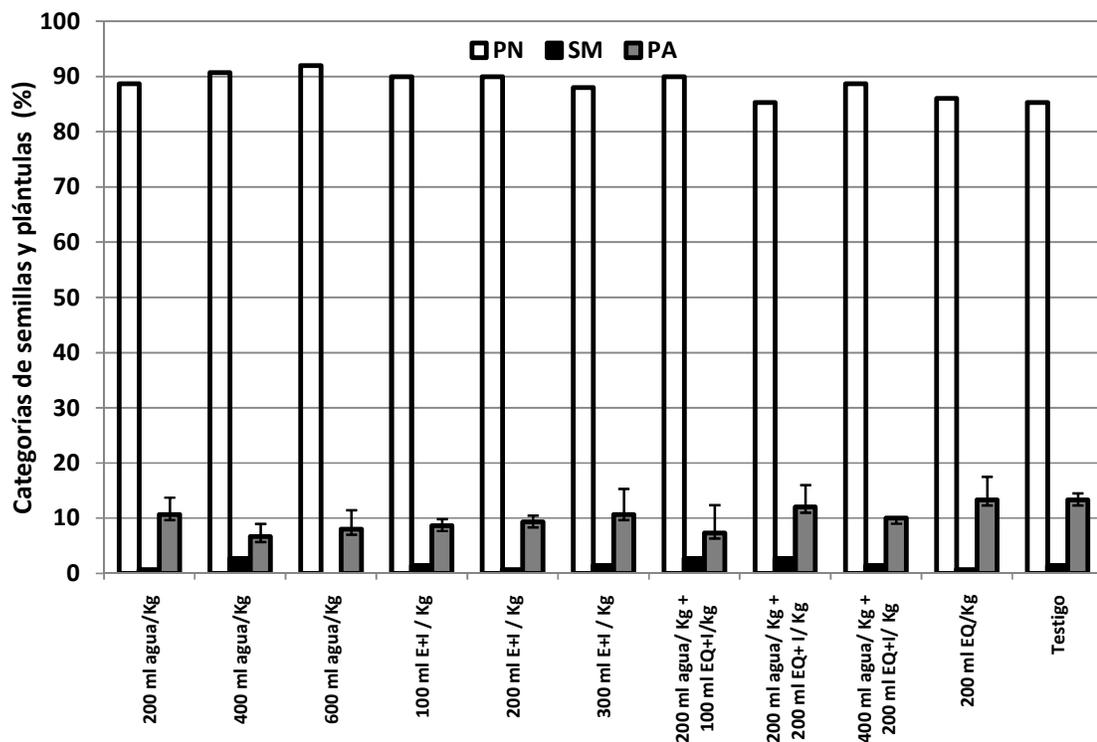


Figura 3.7. Categorías provenientes del ensayo de germinación para los tratamientos de distintas dosis de agua y polímero adhesivo, con y sin materiales sólidos. EQ: Equate®, I: inerte. PN: plántulas normales. SM: semillas muertas. PA: plántulas anormales.

Discusión

Los resultados obtenidos muestran que la variación en la calidad fisiológica de las semillas de girasol incrustadas puede explicarse por las modificaciones en la absorción de agua producidas por el tratamiento. La Figura 3.1 muestra una capacidad de absorción significativamente mayor por parte de las semillas incrustadas. Resultados similares obtuvieron Mc William y Dowling (1970) y Cook (1975) en semillas de especies forrajeras y West *et al.* (1984) en semillas de soja. Asimismo, Klein y Sachs (1992) verificaron una mejora en la absorción de agua durante las primeras veinticuatro horas de germinación en semillas de trigo recubiertas. Dicha respuesta coincidió también con los estudios de Schneider y Renault (1997b) en semillas maíz, ya que con bajas dosis de polímero y ambientes saturados, el recubrimiento mejoró la absorción de agua. Este incremento en la absorción de agua de las semillas incrustadas de diferentes especies permite inferir que el proceso ocurre independientemente de su morfología y bioquímica. Se propone, por lo tanto que dicha absorción se debe a características exclusivamente físicas, que otorga la estructura formada por los materiales inertes y el polímero adhesivo evaluados.

La eliminación de las capas de recubrimiento proporcionó información acerca de la cantidad de agua que absorbieron los materiales de incrustado por un lado y que efectivamente absorbieron las semillas por el otro. En el ensayo de determinación de la capacidad de retención de los materiales inertes por separado, el talco retuvo un porcentaje de agua superior al carbonato. No obstante, al analizar el comportamiento de los mismos en combinación con el polímero adhesivo (en las capas de incrustado), la absorción de agua de ambos inertes fue similar. Por lo tanto, es posible inferir que la capacidad de absorción de agua de las capas de incrustado se debe principalmente a la naturaleza física dada por la matriz inerte/polímero adhesivo. Los agroquímicos utilizados no tuvieron ningún efecto sobre la capacidad de absorción de agua de las semillas incrustadas.

La cantidad de agua que efectivamente absorbieron las semillas, en cada momento, fue significativamente menor en los tratamientos con incrustado comparadas con el control. Esta información permitió detectar las modificaciones en los tiempos de germinación. Se identificó como varió la duración de las fases de germinación en los distintos tratamientos, advirtiéndose una disminución en la longitud de la fase I en las semillas incrustadas. La modificación en la duración de las fases de germinación a causa de la aplicación de tratamientos a las semillas coincidió con lo referido por Lush *et al.* (1981) en trigo (*Triticum aestivum* L.) y rye grass (*Lolium rigidum* Gaud.), aunque en dicho estudio se detectó una disminución en la longitud de la fase II. En este punto es preciso recordar lo mencionado por Sheldon (1974) y Bewley y Black (1994) quienes destacan la importancia del contacto suelo-semilla en la hidratación de las semillas y por ende, en la duración de las fases. Por lo tanto, es posible que gracias a su capacidad de absorber agua rápidamente, los materiales inertes/adhesivos conformen una capa húmeda continua sobre las semillas que aumenta la superficie de contacto con el medio de germinación (papel). El recubrimiento mejoraría, de este modo, la absorción de agua por parte de las semillas y aumentaría su velocidad de germinación fisiológica gracias a la disminución de la longitud de la fase I. Si dicha estructura se compara con la de las semillas sin incrustar, se advierte que estas solo mantienen en contacto con el medio (papel) algunas partes del pericarpio (superior e inferior), por lo que su dinámica de absorción de agua sería diferente. En relación a esto, Hernandez y Orioli (1985) resaltaron la importancia del contacto entre el pericarpio y el medio para el acceso de agua hacia las semillas. Estas aseveraciones concuerdan con lo expresado por West *et al.* (1984) quienes asociaron la mejora en el porcentaje y la velocidad de germinación con aumentos en la absorción de agua por parte de semillas de soja debido a la capacidad del polímero de actuar como un colector de agua y mejorar la tensión superficial. Un comportamiento similar fue hallado por Baxter y Waters (1986a) en maíz. Dichos autores relacionaron el aumento en la emergencia a campo con la capacidad del polímero de incrementar el potencial agua alrededor de las semillas y aumentar el área de contacto suelo/semilla. Los resultados obtenidos también coincidieron con los señalados por Baxter y Waters

(1986b), quienes verificaron aumentos en la velocidad de absorción de agua y de germinación en semillas de maíz. Relacionaron dichas respuestas con el aumento en la eficiencia del uso del agua por parte de las semillas gracias a la capacidad del polímero de aumentar la superficie de absorción y de actuar como reservorio de agua. La mejora en la calidad fisiológica debida a modificaciones en la capacidad de absorción de agua también fue detectada por Korpál (1999) en semillas de zanahoria.

Solo en el caso del incrustado con carbonato se observó un aumento en la tasa de imbibición de la fase I. Por lo tanto, para este tratamiento, el aumento en la velocidad de germinación fisiológica, también podría deberse al aumento en la tasa de imbibición, además de la reducción en la longitud de la fase I.

La cantidad de agua necesaria para producir la emergencia de un número dado de radículas, también fue significativamente menor en el caso de las semillas incrustadas. Este hecho reafirma el incremento en la velocidad de germinación establecido en el capítulo anterior. Dicho comportamiento se dió a pesar de que las semillas provenientes de los tratamientos incrustados absorbieron menor cantidad de agua respecto de aquellas sin incrustar. Por lo tanto, la cantidad de agua efectivamente absorbida en estas semillas, si bien fue menor, resultó suficiente para desencadenar el proceso germinativo. Este desempeño podría explicarse considerando que las capas de incrustado, al aumentar el contacto medio/semilla, garantizan una distribución más uniforme del agua alrededor de la semilla. Por lo tanto, el agua se encuentra disponible rápidamente en todos sus tejidos (cotiledones y eje embrionario). En cambio, en las semillas sin incrustar, el agua accede solo por las partes superior e inferior del pericarpio (sector cotiledonar). De modo que, tardaría más tiempo en difundir hacia el resto los tejidos de la semilla. Esto se traduciría en una fase I más prolongada y en mayores necesidades de agua para el desencadenamiento de su germinación. La aplicación de insecticida y fungicida no tuvo ninguna influencia en la cantidad de radículas emergidas.

Por otra parte, los resultados sugieren que el incrustado actuaría en forma comparable a un tratamiento de pregerminación, dado que la velocidad y el porcentaje de emergencia radicular son similares para algunos de los tratamientos

de incrustado y equiparables a la aplicación de excesivamente altas dosis de agua (600 ml/ kg). Por lo tanto, el incremento en la velocidad de emergencia radicular debido a una reducción en la longitud de la fase I, también podría deberse al efecto pregerminativo que genera el agregado de agua en la solución de adhesivo.

Al analizar la respuesta en términos del porcentaje de germinación, se observó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de incrustado respecto de las diferentes dosis de solución de adhesivo y de agua. Por lo tanto, la respuesta observada a nivel de emergencia de radículas no se correspondió con el porcentaje de plántulas normales obtenidas. Al igual que lo señalado por Korpál (1999) el aumento en la cantidad de sustancias higroscópicas no mejoró sustancialmente la calidad de las semillas recubiertas para el genotipo y lote estudiados, no detectándose efectos en los componentes de semillas muertas ni de plántulas anormales respecto del testigo.

Conclusiones

- El incremento de la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) incrustadas se explica en términos de la modificación de su capacidad de absorción de agua al reducirse la duración de la fase I de germinación. La matriz de recubrimiento mejora el contacto medio/semilla al distribuir en forma uniforme el agua a su alrededor.
- El incrustado actúa en forma comparable al efecto pregerminativo que resulta de la aplicación de agua en cantidades excesivamente altas.

CAPITULO 4

Influencia del incrustado en la calidad fisiológica de las semillas de girasol durante el almacenamiento

Introducción

La disminución en la calidad fisiológica de las semillas, desde su punto máximo en el momento de madurez fisiológica, puede atribuirse a factores diversos tales como, características genéticas, adversidades durante el desarrollo en planta madre o a campo, daños mecánicos durante la cosecha o beneficio y finalmente las condiciones de humedad y temperatura en almacenamiento (Popinigis, 1985). En girasol, Šimić *et al.* (2005) sostienen que la longevidad de las semillas puede variar de 6 a 20 meses o más, dependiendo principalmente de las condiciones de humedad y temperatura a las que se sometan.

Durante el almacenamiento, al deterioro ocasionado por las transformaciones fisiológicas propias de la naturaleza biológica de las semillas (envejecimiento-muerte) (Peretti, 1994), se le puede añadir el efecto de diversas sustancias aplicadas durante el acondicionamiento (Mc Donald, 1999). Esos tratamientos, podrían acelerar o frenar el deterioro, dependiendo de su capacidad de respetar los atributos de calidad de las semillas (Peretti, 1994). Al respecto, Pereira *et al.* (2005) en semillas de remolacha (*Beta vulgaris* L.) señalan que algunos de los materiales utilizados para el recubrimiento pueden causar efectos fitotóxicos inmediatos sobre la germinación o pueden reducir su calidad fisiológica durante el almacenamiento.

En cuanto a los antecedentes sobre el efecto del incrustado en almacenaje, Roos (1979) examinó el porcentaje de germinación de semillas recubiertas y no recubiertas de zanahoria (*Daucus carota* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) durante el

almacenamiento. En condiciones de 70 % de humedad y 21°C de temperatura detectó que las semillas recubiertas y no recubiertas reducen en forma similar el porcentaje de germinación con el transcurso del tiempo. Sin embargo, en uno de los cultivares de cebolla evaluados, las semillas recubiertas se deterioran más lentamente que las no recubiertas. Sobre este aspecto, sugiere que el recubrimiento empleado puede ejercer algún tipo de protección.

Kim *et al.* (2000) examinaron los efectos de tratamientos de *priming*, peleteo y *film-coating* sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.), antes y después de 9 meses de almacenamiento bajo dos temperaturas diferentes. A 20 °C tanto el porcentaje como la velocidad de radículas emergidas resultan estadísticamente similares en las semillas recubiertas respecto al control después del almacenamiento. Sin embargo a 30 °C, el recubrimiento reduce en forma significativa ambas variables, especialmente luego del almacenamiento.

Oliveira *et al.* (2003) estudiaron el desempeño durante el almacenamiento de semillas de pimiento (*Capsicum annum* L.) tratadas con fungicida y recubiertas con distintos materiales. Informan que las semillas recubiertas reducen más el porcentaje y la velocidad de emergencia de plántulas que las no recubiertas luego del periodo de almacenaje. Dichos autores manifiestan que, tal reducción puede deberse a la inducción de dormancia secundaria promovida por la interacción del material de recubrimiento y la impermeabilidad del envase empleado. Asimismo, mencionan una reducción en el vigor de las semillas tratadas con fungicida.

Pereira *et al.* (2005) evaluaron la influencia de diferentes materiales de recubrimiento, sobre la calidad fisiológica de semillas de pimiento (*Capsicum annum* L.). Las semillas, una vez acondicionadas y recubiertas con arena más microcelulosa o carbonato más microcelulosa, fueron almacenadas en papel multifoliado bajo condiciones de 62,8% de humedad y 23,5°C de temperatura. El periodo de experimentación comprendió 20 meses con evaluaciones cada cuatro meses. En su estudio, detectan que las semillas recubiertas, independientemente del material utilizado, presentan mayor porcentaje de radículas emergidas que las semillas no recubiertas, durante todo el periodo de almacenamiento. En cuanto a la velocidad de emergencia radicular, las semillas recubiertas germinan más

lentamente que las no recubiertas a lo largo del periodo de evaluación. A su vez, independientemente del tipo de recubrimiento, las semillas recubiertas muestran una tendencia a mantener estable su velocidad de germinación fisiológica a lo largo del almacenamiento. Sin embargo, las semillas recubiertas presentan una reducción de la emergencia a campo, a lo largo del periodo de almacenamiento con una respuesta más acentuada en el caso del carbonato.

Medeiros *et al.* (2006) evaluaron la calidad fisiológica de semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.) recubiertas con adhesivo y fungicida en diversas proporciones, antes y después de un periodo de tres meses de almacenamiento en condiciones ambientales. Sus estudios no reflejan diferencias respecto del porcentaje y la velocidad de emergencia de plántulas normales entre las semillas recubiertas y no recubiertas durante el almacenamiento. Además, el tratamiento con fungicida, resulta en valores superiores de germinación y vigor destacando su efecto protector de patógenos a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

En ensayos sobre el recubrimiento de semillas de maíz dulce (*Zea mays* L.) Furtado de Mendonça *et al.* (2007) verifican en laboratorio, una reducción significativa del porcentaje de germinación de las semillas recubiertas tanto inmediatamente después del tratamiento de incrustado, como a los cuatro meses posteriores. En las semillas recubiertas, la velocidad de germinación, medida como energía germinativa, resulta significativamente menor independientemente del periodo de evaluación. En cuanto al porcentaje de emergencia a campo, a los 120 días de evaluación, solo dos de los tratamientos evidencian un porcentaje de emergencia significativamente inferior, en tanto que nueve tratamientos presentan una emergencia significativamente superior a los testigos. En sus conclusiones señalan que el recubrimiento no compromete la emergencia de las plántulas a campo luego de cuatro meses de almacenamiento.

Gouda *et al.* (2008) estudiaron la influencia de distintos tipos de recubrimiento sobre la calidad de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) durante diez meses de almacenamiento. Las semillas recubiertas presentan en porcentajes de germinación, longitudes de plántulas e índices de vigor significativamente

superiores respecto de las semillas no recubiertas al ser analizadas durante el periodo de almacenamiento. Sugieren que este hecho se debe a que el recubrimiento produce una mejora en el microambiente alrededor de la semilla, el cual ofrece protección de los patógenos, o bien previene el contacto directo de las semillas con el oxígeno atmosférico, haciéndolas menos susceptibles a la oxidación lipídica, manteniendo por lo tanto, la integridad de las membranas celulares.

El comportamiento del incrustado, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, en combinación con agroquímicos fue estudiado por Huijbregts *et al.* (1995) en semillas recubiertas de remolacha. En su trabajo, advierten que la estabilidad de los pesticidas durante el almacenamiento depende del tipo de pelet y de la combinación de insecticida/fungicida empleados. Además mencionan que el comportamiento de cada uno de ellos, en forma individual, es estable a medida que transcurre el tiempo y comprueban la existencia de una variación significativa en las concentraciones de los pesticidas entre semillas incrustadas individuales pertenecientes a un mismo lote. Concluyen que, en ciertas situaciones, esto puede llevar por un lado, a una insuficiente protección de algunas plántulas individuales y por el otro a la fitotoxicidad de otras plántulas. En este sentido Tetteroo *et al.* (2009) mencionan que algunos productos empleados para la protección de semillas pueden afectar la germinación y la emergencia de plántulas y atribuyen tal efecto a la falta de ajuste en las dosis de pesticidas y las combinaciones de productos utilizadas.

En base a lo mencionado, la respuesta de las semillas incrustadas de girasol, en términos de la evolución de la calidad fisiológica durante el almacenamiento, surge como un tema importante a investigar. A su vez, este conocimiento, permitiría tomar decisiones respecto del momento óptimo para la realización de dicho tratamiento. Es decir, se podrá recomendar la conveniencia de incrustar las semillas inmediatamente después de la cosecha o bien previo al momento de su siembra.

En base al análisis precedente se plantea la siguiente

Hipótesis

Las semillas incrustadas de girasol (*Helianthus annuus* L.) mantienen su calidad fisiológica durante el tiempo de almacenamiento.

Por lo expuesto, se plantea el siguiente

Objetivo General

Estudiar la influencia del incrustado en la calidad fisiológica de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) durante el almacenamiento.

Objetivo Específico

- Evaluar la influencia del incrustado sobre el porcentaje y la velocidad de germinación fisiológica y tecnológica de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) durante el almacenamiento.

Materiales y Métodos

Materiales

Para conocer la evolución de la calidad fisiológica durante el tiempo de almacenamiento, las semillas incrustadas y no incrustadas fueron almacenadas en bolsas de papel madera y en condiciones ambientales de 60% de humedad y 25°C temperatura, en promedio. El resto de los materiales empleados para la realización de estos ensayos son los mismos a los mencionados en el capítulo 2.

Métodos

En esta serie de experimentos se procedió a realizar mediciones en momentos definidos desde el tratamiento inicial de incrustado. Sobre este aspecto, es necesario destacar que las semillas fueron cosechadas en febrero del 2009 e incrustadas en abril del mismo año (cuando las semillas estuvieron disponibles, considerándolo como momento cero de evaluación). Luego se realizaron análisis a los 3, 5, 8 y 10 meses posteriores al incrustado inicial. Dicho periodo de evaluación se seleccionó teniendo en cuenta el tiempo que transcurre entre la cosecha y la siembra subsiguiente en las regiones girasoleras de nuestro país.

La respuesta al incrustado durante el almacenamiento de las semillas de girasol se evaluó examinando la emergencia de radículas (germinación fisiológica) y la emergencia de plántulas (germinación tecnológica). En el caso de la germinación fisiológica, de cada tratamiento se sembraron cuatro repeticiones de 50 semillas al momento inicial de incrustado y a los 10 meses posteriores al mismo. Las semillas se colocaron entre dos piezas de papel filtro tipo Whatman humedecido con 2,5 ml de agua destilada en cajas de Petri de 9 cm de diámetro. Una vez realizada la siembra, las cajas fueron envueltas con papel film para evitar la pérdida de agua y colocadas en cámara de germinación bajo una temperatura constante de 25 °C y 12 hs de alternancia luz/oscuridad (ISTA, 2010). El recuento de radículas emergidas se realizó a las 24, 26, 28, 30, 32, 34, 37, 40, 47 y 49 horas desde la siembra. Se consideraron como emergidas todas aquellas radículas que presentaron un tamaño mayor a 2 mm de longitud según Hernández y Paoloni (1990). Sobre este aspecto de la germinación se consideraron las siguientes variables:

1. Tiempo para la emergencia del 50 % de radículas (G50).

El tiempo para la emergencia del 50% de las radículas (G50 = horas para 50% de emergencia máxima), se calculó según la fórmula de Ranal y García de Santana (2006):

$$G_{50} = \frac{\left[\left(\frac{G_{MAX}}{2} \right) - G_1 \right] \times (D_2 - D_1)}{G_2 - G_1} + D_1$$

Donde:

G₅₀: horas para alcanzar el 50% de semillas con radícula emergida.

G_{MAX}: cantidad máxima de semillas con radícula emergida.

D₁: inicio del intervalo en horas donde ocurre la emergencia del 50 % de las radículas.

D₂: fin del intervalo en horas donde ocurre la emergencia del 50 % de las radículas.

G₁: cantidad de radículas emergidas en D₁

G₂: cantidad de radículas emergidas en D₂

2. Tasa de emergencia de radículas (T).

Esta variable se calculó a través de la pendiente de la curva del porcentaje de emergencia de radículas en función del tiempo durante la etapa lineal de germinación y hasta su punto de inflexión, según Lush (1981).

3. Porcentaje final de semillas con radícula emergida (%FR).

$$\%FR = N^{\circ}RE \times 100 / N^{\circ}TS.$$

Donde:

%FR: porcentaje final de semillas con radícula emergida a las 51 hs de germinación.

N°RE: cantidad de semillas con radícula emergida .

N°TS: cantidad total de semillas.

En el caso de la germinación tecnológica las evaluaciones se realizaron al momento inicial de incrustado (momento 0) y a los 3, 5, 8 y 10 meses posteriores del mismo.

Se sembraron 4 repeticiones de 50 semillas de cada tratamiento mediante la técnica “entre papel” (rollo) (ISTA, 2010). Los rollos se colocaron en el interior de una bolsa plástica cerrada en sus extremos para evitar la pérdida de agua. El ensayo de germinación se efectuó en condiciones óptimas (25 °C continuos de temperatura y 12 horas de alternancia de luz/oscuridad), con la aplicación previa de un tratamiento de preenfriado (ISTA, 2010).

Se procedió al estudio de la germinación desde el punto de vista tecnológico mediante la determinación de las siguientes variables:

1. Velocidad de emergencia de plántulas (IVGN).

La velocidad de emergencia de plántulas normales (PN) se calculó según el índice IVG de Maguire (1962), computando el intervalo de tiempo para la emergencia de plántulas en días:

$$IVGN = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$$

Donde:

IVGN: índice de velocidad de emergencia de plántulas normales expresado en plántulas por día (PN.d⁻¹).

G₁, G₂, y G_n: cantidad de plántulas normales computadas en el primer, segundo y último conteo.

N₁ N₂ y N_n: cantidad de días desde del inicio del test.

2. Porcentaje de Germinación (PG).

Con el objetivo de conocer el porcentaje final de germinación, se procedió a determinar la cantidad de plántulas normales, anormales, semillas muertas y frescas al 10º día desde el inicio del test, según lo establecen las normas ISTA (2010) para este cultivo. De este modo, el porcentaje de germinación se calculó de la siguiente manera:

$$PG = N^{\circ}PN10 \times 100 / N^{\circ}TS.$$

PG: porcentaje de germinación.

NºPN10: cantidad de plántulas normales emergidas el día 10 desde la siembra.

NºTS: cantidad total de semillas.

3. Peso Seco de Plántulas (PSPL).

Para conocer este parámetro, se tomaron las plántulas normales provenientes del ensayo de germinación al decimo día y se colocaron en estufa a 60 °C hasta peso constante. Luego, dichas plántulas se pesaron en balanza analítica. Los resultados se expresaron en gramos por plántula (Murcia *et al.* 2006).

Tratamientos

Germinación fisiológica

En el caso de los experimentos sobre germinación fisiológica, se evaluaron los siguientes tratamientos:

III. Semillas sin incrustado:

- Testigo
- Agua.
- Insecticida + Fungicida

IV. Semillas con incrustado:

- Incrustado con carbonato de calcio
- Incrustado con talco
- Incrustado con talco + insecticida + fungicida

No se evaluaron los tratamientos de insecticida y fungicida en forma individual debido a que, en los análisis previos, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre estos tratamientos y el testigo, para la emergencia radicular.

Germinación tecnológica

En el caso de los ensayos sobre germinación tecnológica, se evaluaron los siguientes tratamientos:

I. Semillas sin incrustado:

- Testigo
- Agua.
- Insecticida
- Fungicida
- Insecticida + Fungicida

II. Semillas con incrustado:

- Incrustado con carbonato de calcio
- Incrustado con talco
- Incrustado con talco + insecticida + fungicida

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En todas las variables mencionadas se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando dos factores de variación, factor incrustado (semillas incrustadas y no incrustadas) y factor tiempo (evaluaciones a los 0, 3, 5, 8 y 10 meses).

En el caso de las variables medidas en porcentaje, previo a la realización de los análisis estadísticos, los datos se transformaron por arco seno (Little, 1985) según:

$$y = \text{arco seno } (\sqrt{(G_{\text{max}} / 100)})$$

Los datos presentados en tablas y figuras corresponden a los porcentajes sin transformar. En ambos tipos de experimentos, se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para detectar diferencias entre los tratamientos con un nivel de significación del 5%. La comparación de medias se efectuó mediante el test DGC. Para efectuar el análisis estadístico se utilizó el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados

Emergencia de Radículas: Germinación Fisiológica.

1. Tiempo para la emergencia del 50% de las radículas (G50).

En el momento inicial de incrustado, la emergencia del 50% de las radículas (Tabla 4.1) se produjo en un tiempo significativamente menor en los tratamientos incrustados respecto de los no incrustados. En cambio a los 10 meses posteriores, no se observaron diferencias significativas en dicha variable entre las semillas incrustadas y sin incrustar. Al comparar la respuesta a través del tiempo (momento 0 vs. momento 10), se observó un mayor tiempo para la emergencia del 50% de las radículas para los tratamientos incrustados (Tabla 4.1). Aunque se podría indicar una tendencia similar para los tratamientos sin incrustar, dicho aumento no fue estadísticamente significativo.

Tabla 4.1. Tiempo para la emergencia del 50% de las radículas, G50 (hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en los meses 0 y 10.

Tratamiento	G50 ¹ (hs)	
	0	10
Testigo	36,4 ± 1,2 A a	37,5 ± 1,9 A a
Agua	35,5 ± 2,8 A a	37,9 ± 2,7 A a
Insecticida + Fungicida	37,8 ± 1,1 A a	39,5 ± 2,3 A a
Carbonato	30,4 ± 0,5 B b	36,2 ± 1,6 A a
Talco	32,6 ± 1,3 B b	35,1 ± 0,1 A a
Talco + Insecticida + Fungicida	29,9 ± 0,9 B b	36,1 ± 0,6 A a
C.V. (%)	4,4	4,8

¹ Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada columna al 5%. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada fila al 5%.

2. Tasa de emergencia de radículas (T).

Los resultados de la tasa de emergencia de radículas (Tabla 4.2), en el momento inicial, reflejaron valores significativamente mayores para todos los

tratamientos de incrustado respecto de aquellas no incrustadas y del testigo. A los 10 meses posteriores no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, ni respecto del testigo. En cuanto al comportamiento a través del tiempo, se observaron disminuciones significativas en la tasa de emergencia de radículas en las semillas incrustadas y sin incrustar, excepto en el caso del tratamiento con agua, cuya reducción no fue significativa.

Tabla 4.2. Tasa de emergencia de radículas, T (radículas/hs), de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en los meses 0 y 10.

Tratamiento	T (radículas/hs)	
	Meses	
	0	10
Testigo	2,47 ± 0,27 B a	1,71 ± 0,13 A b
Agua	2,70 ± 0,44 B a	1,93 ± 0,25 A a
Insecticida + Fungicida	2,18 ± 0,26 B a	1,67 ± 0,17 A b
Carbonato	3,45 ± 0,42 A a	2,22 ± 0,25 A b
Talco	3,02 ± 0,33 A a	2,00 ± 0,30 A b
Talco + Insecticida + Fungicida	3,28 ± 0,25 A a	2,15 ± 0,38 A b
C.V. (%)	11,7	13,4

¹ Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada columna al 5%. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada fila al 5%.

3. Porcentaje final de semillas con radícula emergida (%FR).

El porcentaje final de semillas con radícula emergida fue significativamente menor en el testigo y en el tratamiento que combinó insecticida + fungicida, tanto en el momento inicial de incrustado como a los diez meses posteriores (Tabla 4.3). A su vez en el mes 0, los tratamientos con agua y talco mostraron un porcentaje intermedio con diferencias significativas respecto de los tratamientos incrustados con carbonato e incrustado con talco + insecticida + fungicida, que mostraron los máximos valores de % FR. Con respecto a la evolución en el tiempo de dicha variable se observaron disminuciones significativas en el porcentaje final de radículas emergidas en todos los tratamientos, aunque estas diferencias solo fueron significativas en el caso del incrustado con carbonato e incrustado con talco + insecticida + fungicida.

Tabla 4.3. Porcentaje final de semillas de girasol, incrustadas y no incrustadas, con radícula emergida (%FR), en los meses 0 y 10.

Tratamiento	%FR (%)	
	Meses	
	0	10
Testigo	81 ± 2 C a	80 ± 7 B a
Agua	89 ± 9 B a	91 ± 2 A a
Insecticida + Fungicida	78 ± 2 C a	77 ± 10 B a
Carbonato	100 ± 0 A a	91 ± 2 A b
Talco	94 ± 2 B a	89 ± 2 A a
Talco + Insecticida + Fungicida	98 ± 4 A a	88 ± 4 A b
C.V. (%)	7	6

[†] Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada columna al 5%. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada fila al 5%.

Emergencia de Plántulas: Germinación Tecnológica.

1. Velocidad de emergencia de plántulas (IVGN).

La Figura 4.1 muestra la velocidad de emergencia de plántulas medida a través del índice IVGN. Para el momento 0 de evaluación las menores velocidades de germinación ocurrieron en los tratamientos con agroquímicos sin incrustar. Al incorporar los agroquímicos en semillas incrustadas, la velocidad de emergencia alcanzada fue significativamente mayor. En el mes 3, las semillas tratadas con la mezcla de agroquímicos, se separaron estadísticamente del resto mostrando las menores velocidades. En el caso del mes 5, el testigo junto con las semillas tratadas con insecticida + fungicida presentaron las menores velocidades. Las semillas tratadas con fungicida tuvieron un comportamiento equivalente a las incrustadas, con mayores velocidades de germinación. En el octavo mes, se repitió el modelo de comportamiento detectado para el tercer mes. Solo las semillas tratadas con la mezcla de agroquímicos, se separaron estadísticamente del resto mostrando las menores velocidades de germinación. Finalmente en el mes 10, todos los tratamientos que incluyeron el uso de agroquímicos, alcanzaron las menores velocidades de germinación, hayan sido

incrustadas o no, separándose del testigo. Al comparar la evolución en el tiempo, se observó en todos los tratamientos que la velocidad de emergencia de plántulas mostró un incremento hasta el mes 5. Entre el mes 5 y el 10, dicha variable disminuyó.

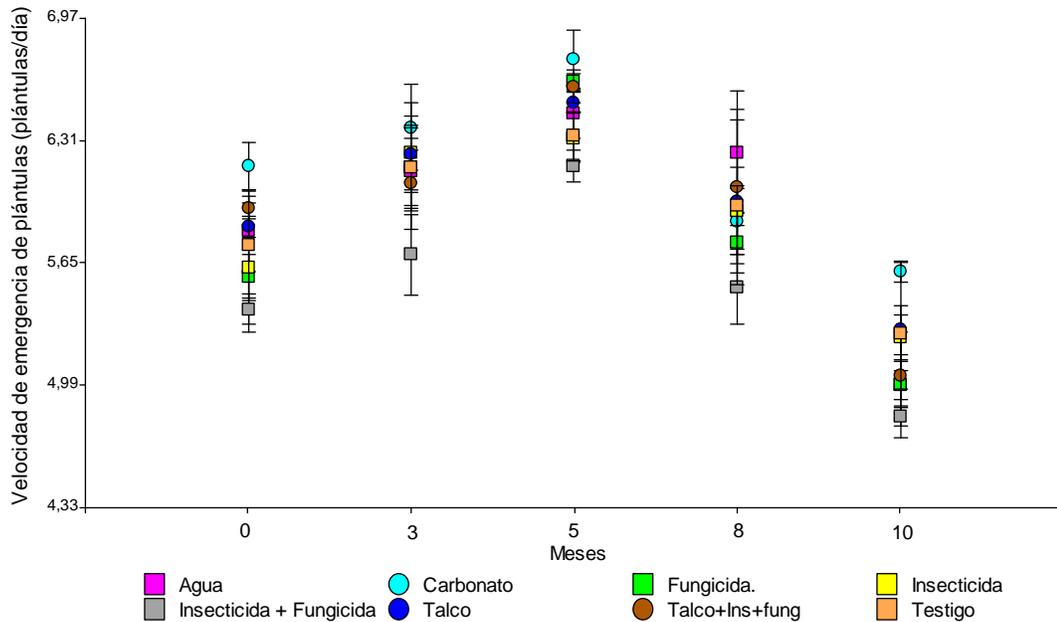


Figura 4.1. Velocidad de emergencia de plántulas (IVGN) originadas a partir de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en función del tiempo de almacenamiento.

2. Porcentaje de Germinación (PG).

Tanto en el momento inicial de incrustado como en los 3 y 5 meses posteriores, solo el tratamiento que combinó insecticida + fungicida mostró porcentajes de germinación significativamente inferiores respecto del resto de los tratamientos (Figura 4.2). En los meses 8 y 10, si bien se mantiene dicha respuesta, las diferencias no resultaron significativas. No se detectaron diferencias significativas entre el resto de los tratamientos en ninguno de los meses evaluados. El análisis de la evolución en el tiempo indicó que, en todos los

tratamientos, el porcentaje de germinación no mostró diferencias significativas desde el momento 0 al 8 de almacenamiento. En el caso de las semillas tratadas con insecticida, fungicida, insecticida + fungicida, incrustadas con talco e incrustadas talco + insecticida + fungicida, se detectó una disminución significativa en dicha variable recién al mes 10 de evaluación. En cambio, en el incrustado con carbonato esta disminución no fue significativa.

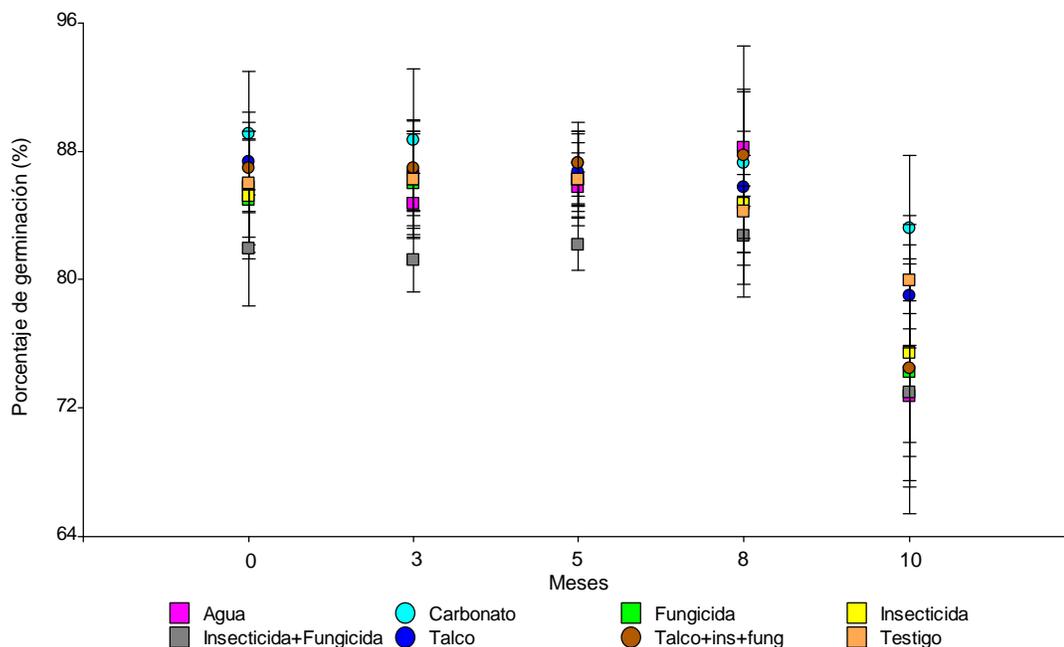


Figura 4.2. Porcentaje de germinación (PG) de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en función del tiempo de almacenamiento.

Las diferencias en el porcentaje de germinación, se explicaron a través de las variaciones en la cantidad de plántulas anormales (Figura 4.3), a lo largo de todo el tiempo de almacenamiento y en todos los tratamientos.

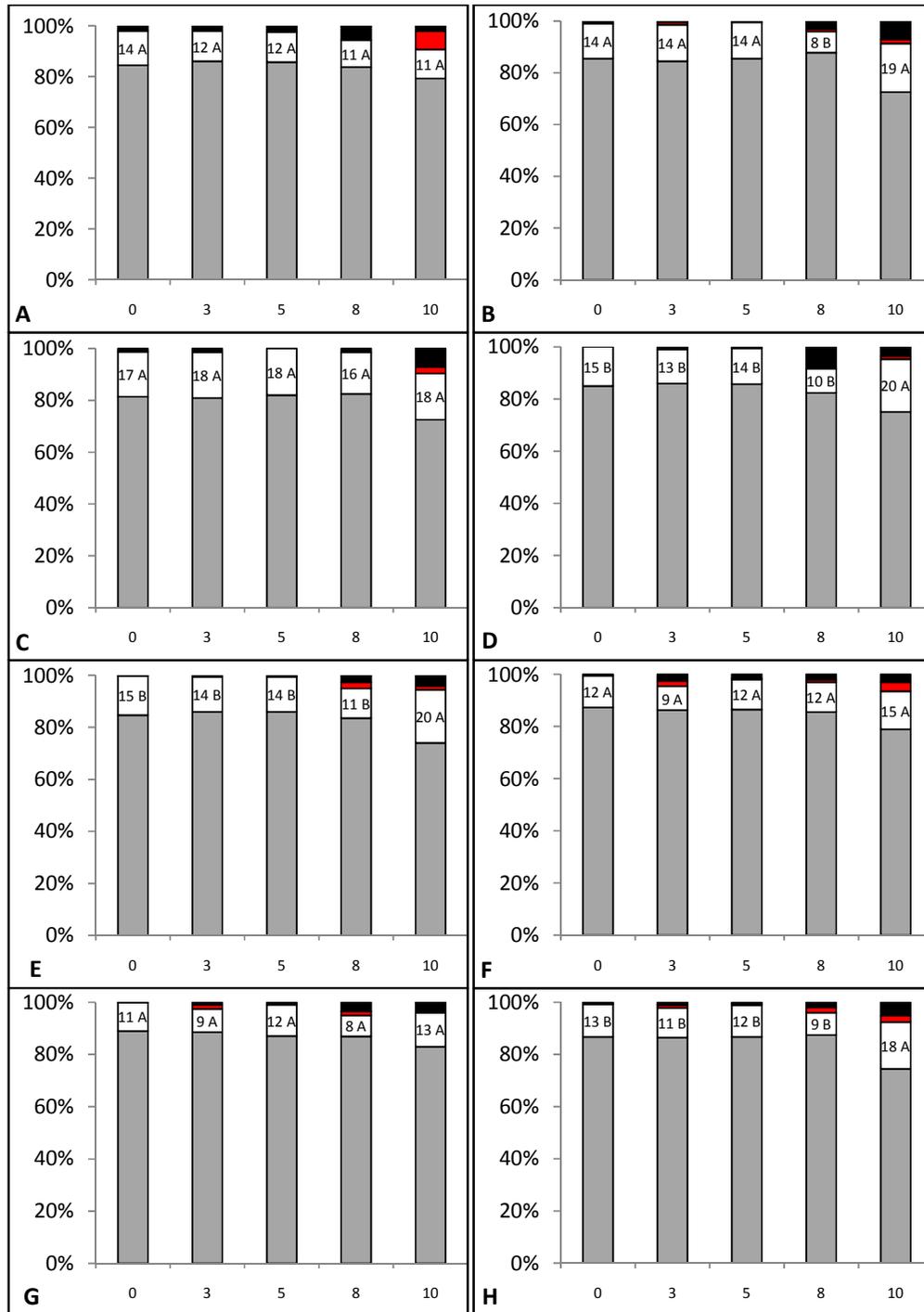


Figura 4.3. Porcentaje de plántulas normales (■), plántulas anormales (□), semillas muertas (■) y semillas frescas (■) durante los meses de almacenamiento de los tratamientos A = Testigo, B = Agua, C = Insecticida + Fungicida, D = Insecticida, E = Fungicida, F = Talco, G = Carbonato y H = Talco + Insecticida + Fungicida. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas comparando entre meses al 5%, para la variable % de plántulas anormales.

A su vez, el tratamiento que combinó insecticida + fungicida reflejó, desde el mes 0 al 8, la mayor cantidad de plántulas anormales con diferencias significativas respecto del resto de los tratamientos (Tabla 4.4). En el mes 10, las diferencias mencionadas no fueron significativas.

Tabla 4.4. Porcentaje de plántulas anormales (PA) obtenidas a partir de las semillas de girasol, incrustadas y no incrustadas, durante el almacenamiento.

Tratamiento	PA (%)				
	Meses				
	0	3	5	8	10
Testigo	14 ± 3 B	12 ± 4 B	12 ± 3 B	11 ± 4 B	11 ± 8 A
Agua	14 ± 4 B	14 ± 2 B	14 ± 2 B	8 ± 5 B	19 ± 3 A
Insecticida	15 ± 4 B	13 ± 3 B	14 ± 3 B	10 ± 5 B	20 ± 9 A
Fungicida	15 ± 4 B	14 ± 3 B	14 ± 1 B	11 ± 2 B	20 ± 5 A
Insecticida + Fungicida	17 ± 4 A	18 ± 1 A	18 ± 2 A	16 ± 3 A	18 ± 4 A
Carbonato	11 ± 4 B	9 ± 3 B	12 ± 3 B	8 ± 2 B	13 ± 2 A
Talco	12 ± 4 B	9 ± 3 B	12 ± 3 B	12 ± 4 B	15 ± 2 A
Talco + Insecticida + Fungicida	13 ± 3 B	11 ± 2 B	12 ± 2 B	9 ± 4 B	18 ± 5 A

¹ Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada columna al 5%.

Los tipos más frecuentes de anomalías y su aparición en el tiempo se muestran en las Figuras 4.4 a 4.8. El girasol, según el *Handbook on Seedling Evaluation* (ISTA, 2006), pertenece al tipo de plántulas E-Grupo A-2-1-1-1. Dicha clasificación solo toma en cuenta las características de la raíz primaria. Aunque, las raíces secundarias pueden ocasionalmente desarrollarse durante el periodo del ensayo, no se tienen en cuenta en la evaluación. La necrosis de la radícula (Figura 4.4), se presentó en porcentajes elevados en todos los tratamientos, sin embargo, las semillas con insecticida y fungicida solos y en combinación, evidenciaron altos porcentajes de este tipo de anomalía fundamentalmente en el inicio del periodo de evaluación. A su vez, la frecuencia de aparición de estas plántulas se fue reduciendo con el transcurso del tiempo de almacenamiento.

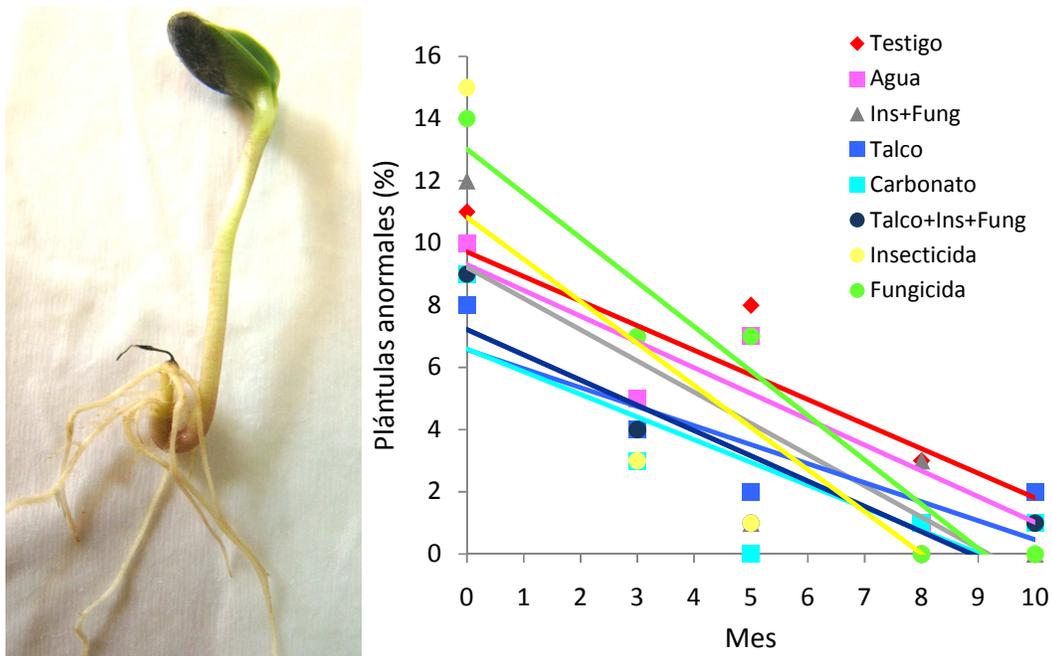


Figura 4.4. Porcentaje de plántulas anormales con la radícula necrosada en función del tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

Las radículas atrapadas por el pericarpio (Figura 4.5), fueron otro tipo de anomalía que se presentó en alta proporción. En este caso también se observó una disminución de su aparición en el tiempo en todos los tratamientos, excepto en el tratamiento con agua en el cual aumentó durante el almacenamiento. El tratamiento con fungicida y el que combinó insecticida + fungicida presentaron porcentajes elevados de este tipo de anomalía durante todos los meses de evaluación.

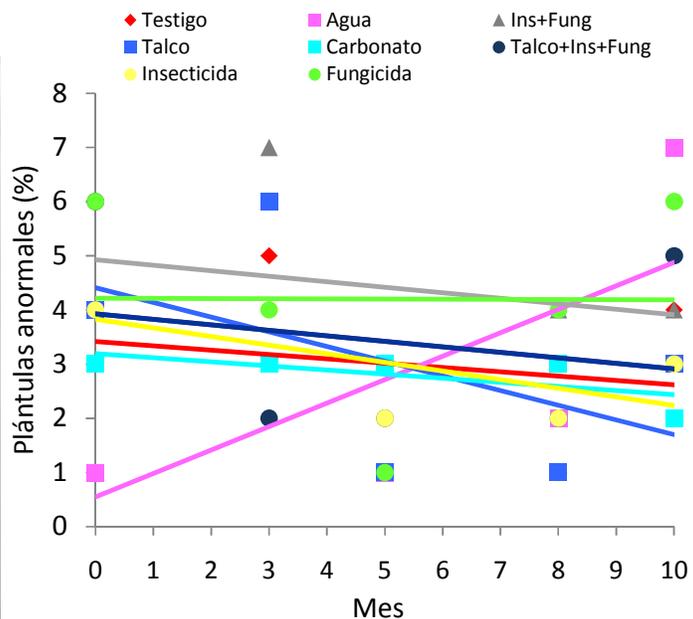


Figura 4.5: Porcentaje de plántulas anormales con la radícula atrapada por el pericarpio en función del tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

Las plántulas con el hipocotile corto, los cotiledones cubiertos por el pericarpio y la radícula ausente o poco desarrollada (Figura 4.6), se presentaron como otro tipo de anomalía frecuente en todos los tratamientos. En la combinación insecticida + fungicida y el tratamiento con agua evidenciaron altas proporciones de esta anomalía principalmente hacia el fin del periodo de evaluación (meses 8 y 10). A diferencia de las anteriores, este tipo de anomalía reflejó una tendencia a aumentar su frecuencia de aparición a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento.

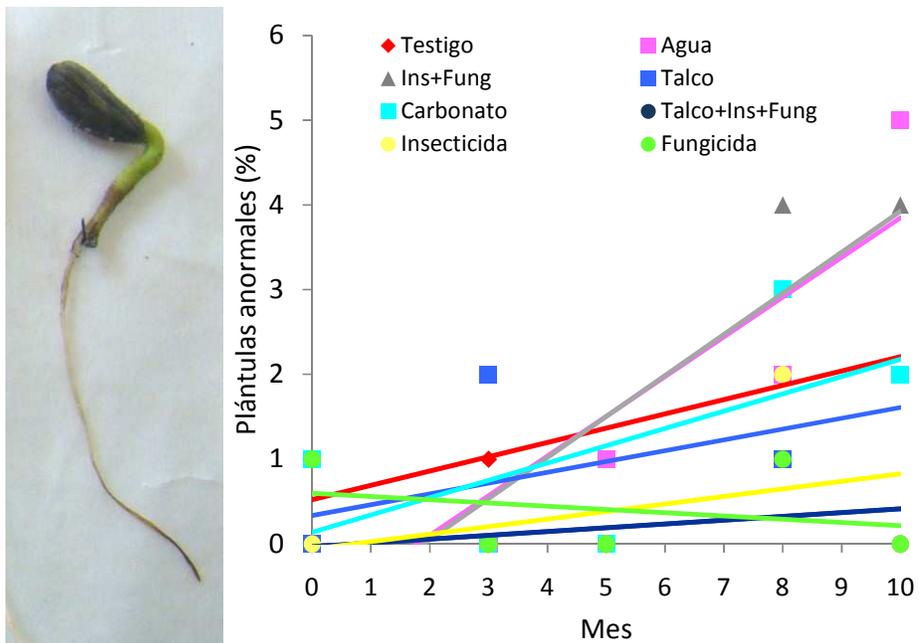


Figura 4.6: Porcentaje de plántulas anormales con hipocotile corto, cotiledones cubiertos por el pericarpio y radícula ausente o poco desarrollada en función del tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

Si bien se presentaron con menor frecuencia respecto de las otras categorías, las plántulas con los cotiledones cubiertos por el pericarpio (Figura 4.7) y las plántulas deformes (Figura 4.8), reflejaron un aumento en su proporción a medida que transcurrió el almacenamiento. Las plántulas con cotiledones cubiertos aparecieron en altas proporciones en los tratamientos con incrustado principalmente hacia el final del periodo de evaluación. En el caso de las plántulas deformes, las semillas en las que se evidenció este tipo de anomalía fueron, las incrustadas con talco + insecticida + fungicida y las tratadas con insecticida y fungicida solos y en combinación.

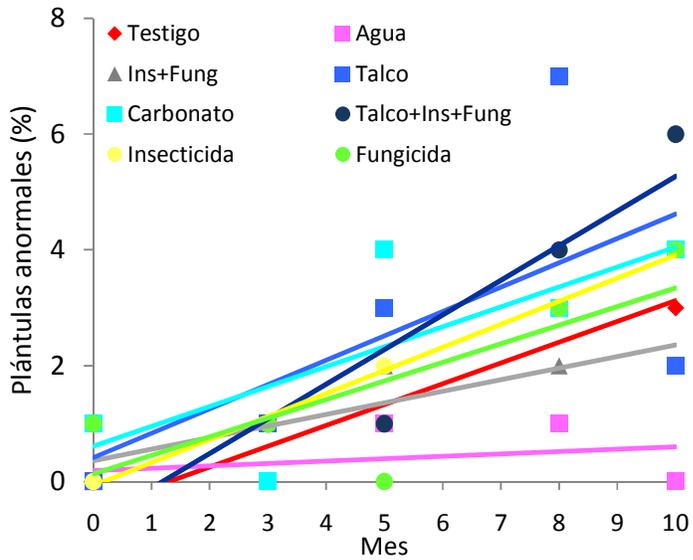


Figura 4.7: Porcentaje de plántulas anormales con cotiledones cubiertos por el pericarpio durante el tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

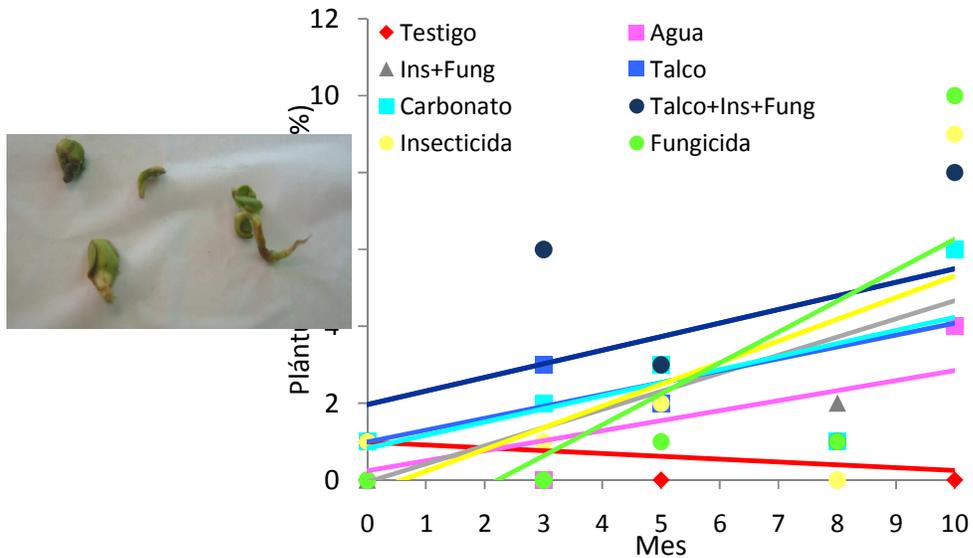


Figura 4.8: Porcentaje de plántulas anormales deformes durante el tiempo de almacenamiento, de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas.

3. Peso seco de plántulas.

El peso seco de plántulas normales obtenidas a partir de semillas con y sin incrustado durante el almacenamiento, mostró interacción significativa momento de evaluación x tratamiento. De modo que, las diferencias detectadas en esta variable debieron estudiarse considerando dichos factores individualmente. En cuanto al comportamiento de cada tratamiento en los distintos meses, al momento cero de evaluación, el peso seco de plántulas fue significativamente superior en todos los tratamientos con incrustado, aquellos tratados con agua y los tratados con fungicida (Figura 4.9). En cambio, en los meses 3, 5, y 8 todos los tratamientos con incrustado reflejaron valores significativamente superiores respecto de aquellos sin incrustar. En el mes 10, el máximo peso seco se detectó en las semillas incrustadas con talco con diferencias significativas respecto del resto de los tratamientos. En dicho momento, tanto las semillas incrustadas con carbonato como el testigo evidenciaron valores de peso seco intermedios, con diferencias significativas respecto de los tratamientos con agua, insecticida, fungicida, insecticida + fungicida e incrustadas con talco + insecticida + fungicida quienes tuvieron valores de peso seco inferiores. A su vez, las semillas tratadas con fungicida evidenciaron pesos significativamente inferiores en relación al resto de los tratamientos.

El análisis de la evolución del peso seco para cada tratamiento a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento reflejó un comportamiento estable desde el momento 0 hasta el 10 en el caso de las semillas incrustadas con carbonato, incrustadas con talco y testigo (Figura 4.9). El tratamiento con talco + insecticida + fungicida se mostró estable hasta el mes 8, reflejando una disminución significativa al mes 10 de evaluación. En el caso de los tratamientos con agua y con insecticida + fungicida, se observó una disminución significativa en el peso de las plántulas en el mes 3 de almacenamiento. A partir de allí y hasta el mes 10, dicha variable se mantuvo estable. Al analizar las semillas tratadas con fungicida e insecticida en forma individual, se detectaron los valores de peso seco máximos

en el mes 0, luego del cual, el comportamiento fue variable a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento.

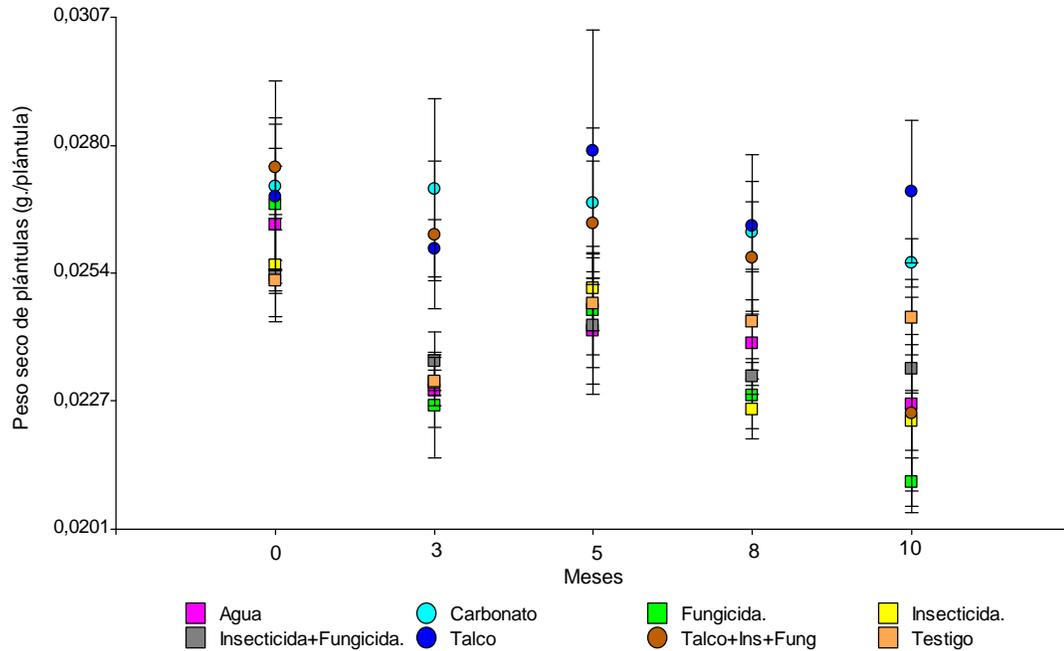


Figura 4.9. Peso Seco de Plántulas (PSPL) obtenidas de las semillas de girasol incrustadas y no incrustadas, en función del tiempo de almacenamiento.

Discusión

Los tratamientos de semillas y dentro de ellos el incrustado, pueden interferir en la evolución de la calidad de las semillas durante el almacenamiento. Por tal razón, el análisis del impacto del incrustado a nivel fisiológico y tecnológico permite dilucidar en la especie en estudio el momento oportuno para aplicar la mencionada tecnología. En el caso de las semillas incrustadas, se evidenció a través de los dos índices considerados (G50 y T), una disminución significativa en la velocidad de emergencia radicular a los 10 meses de almacenamiento respecto de la determinación inicial. En los tratamientos sin incrustar también se observó dicha reducción aunque solo resultó estadísticamente significativa al considerar la variable tasa de emergencia de radículas (T). Estos resultados coinciden con Pereira *et al.* (2005) que, en semillas de pimiento, detectaron que la germinación

fisiológica fue más lenta en las semillas incrustadas a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento. A su vez dicha respuesta resultó coincidente con lo observado a 30 °C por Kim *et al.* (2000) en semillas de lechuga, aunque contraria a la hallada a 20 °C. La respuesta del porcentaje final de radículas emergidas a medida que transcurrió el tiempo, evidenció una reducción significativa en el mes 10 de evaluación solo en los tratamientos de incrustado con carbonato y talco más insecticida más fungicida. Si bien se observó una disminución en el resto de los tratamientos, esta no fue significativa en ninguno de ellos. Este comportamiento se diferencia del detectado por Kim *et al.* (2000) en semillas de lechuga, quienes verificaron porcentajes de emergencia de radículas similares entre semillas recubiertas y no recubiertas durante el almacenamiento a 20 °C. A pesar de ello, si coincidió con la respuesta hallada por estos autores a 30 °C. La disminución en el porcentaje final de radículas emergidas tampoco coincidió con lo detectado por Pereira *et al.* (2005) en pimiento, en cuyo estudio las semillas recubiertas mantuvieron porcentajes de radículas emergidas superiores a las no recubiertas durante el almacenamiento.

El progreso del porcentaje de germinación (PG) a través del tiempo manifestó un comportamiento estable hasta 10 meses después de haber realizado el incrustado. A partir de ese momento, en las semillas incrustadas, sin incrustar y en el testigo, se evidenciaron disminuciones significativas. El mantenimiento de los índices de calidad durante los primeros meses de almacenamiento concuerda con lo encontrado en zanahoria por Medeiros *et al.* (2006), quienes no reflejaron diferencias del porcentaje y la velocidad de emergencia de plántulas normales entre las semillas recubiertas y no recubiertas durante el almacenamiento. Por otra parte, no concordó con Roos (1979) que en zanahoria y cebolla, detectó reducciones del porcentaje y la velocidad de germinación en las semillas recubiertas y el control a medida que transcurrió el tiempo. También resultó opuesta al comportamiento hallado por Oliveira *et al.* (2003) en pimiento y Furtado de Mendonça *et al.* (2007) en maíz, quienes detectaron reducciones significativas en el porcentaje y en la velocidad de germinación en las semillas recubiertas respecto del testigo durante el almacenamiento. Por su parte Gouda *et al.* (2008) en semillas de cebolla

verificaron índices de calidad estadísticamente superiores en las semillas recubiertas a lo largo del almacenamiento, de modo que, sus resultados tampoco coinciden con los obtenidos en este estudio. Los contrastes en la performance del porcentaje de germinación de las semillas incrustadas de girasol en relación al de las semillas hortícolas mencionadas por los autores precedentes, se deben probablemente a las diferencias a nivel morfológico y bioquímico existentes entre ellas.

El mantenimiento del porcentaje de germinación de las semillas incrustadas y del testigo hasta el décimo mes de almacenamiento demostró que los tratamientos de incrustado no ejercieron efectos nocivos adicionales al deterioro causado por el envejecimiento propio de las semillas de girasol. Además de ello, el impacto del incrustado sobre la calidad fisiológica de las semillas resultó favorable (observado en los capítulos previos). Dichos hallazgos sustentan análisis del efecto del incrustado a medida que transcurre el tiempo y permiten recomendar el momento oportuno para realizar el proceso. Por lo tanto, para el híbrido evaluado, el proceso de incrustado podría realizarse en momentos próximos a la cosecha sin detrimento de la calidad fisiológica de las semillas. Además de ello, tanto en las semillas incrustadas como en aquellas sin incrustar, el momento en cual se detectó la disminución en la calidad (mes 10) coincidió con el rango de tiempo, mencionado por Šimić *et al.* (2005), en el cual se produce una reducción apreciable de la calidad fisiológica de las semillas de girasol.

El mantenimiento de la calidad tecnológica durante el almacenamiento también se sustentó en la evolución del peso seco de las plántulas ya que fue significativamente superior en todos los tratamientos de incrustado y durante todo el periodo de evaluación.

Por otra parte, tanto la velocidad de emergencia de plántulas como el porcentaje de germinación, evidenciaron valores significativamente menores para el tratamiento que combinó insecticida más fungicida durante toda la etapa de almacenamiento. Con respecto a la disminución de la calidad tecnológica, a causa de tratamientos con pesticidas, fue informada por Oliveira *et al.* (2003) quienes detectaron una merma en el vigor en las semillas de pimiento tratadas con fungicida. Con respecto a la evaluación de las semillas no germinadas y de las

plántulas generadas en el ensayo de germinación permitió explicar dichas reducciones en el porcentaje de germinación. Así, en el tratamiento con insecticida más fungicida esa disminución se debió principalmente a la aparición de plántulas anormales, en vez de semillas frescas y muertas. Dicho tratamiento mostró, a lo largo de todo el periodo de evaluación, altos porcentajes de los tres tipos más frecuentes de anormalidades encontrados. Al inicio del almacenamiento, mediante la aparición de plántulas con radícula necrosada y atrapada por el pericarpio, mientras que, hacia el fin del periodo, de plántulas con hipocotile corto, cotiledones cubiertos por el pericarpio, radícula ausente o poco desarrollada y plántulas deformes.

En base a lo mencionado, la disminución de los índices de germinación tecnológica en el tratamiento de insecticida más fungicida podría estar relacionada a efectos fitotóxicos resultantes de esa combinación de insecticida y fungicida, tal y como lo mencionan Huijbregts *et al.* (1995) en semillas recubiertas de remolacha y Tetteroo *et al.* (2009). Por otra parte, convendría establecer la interacción de los pesticidas con el sustrato empleado. De este modo sería posible detectar si la respuesta observada se encuentra magnificada por el empleo del sustrato papel. Se propone corroborar este efecto mediante la utilización de otro tipo de sustratos, principios activos o dosis.

Conclusiones

- La calidad fisiológica de las semillas de este híbrido de girasol (*Helianthus annuus* L.) no se ve afectada por el incrustado dado que éste no impacta sobre el envejecimiento natural de las semillas, luego de 10 meses de almacenamiento.
- Durante el almacenamiento, el microambiente generado por el incrustado alrededor de la semilla contrarresta el efecto colateral negativo que los agroquímicos de uso comercial producen sobre la calidad fisiológica de las semillas tratadas.

CAPITULO 5

Conclusiones Generales

El incrustado de semillas surge como una tecnología valiosa ya que alberga en si misma aplicaciones múltiples. En sus diversos usos aporta valor a las semillas optimizando el proceso de producción. En el caso del cultivo de girasol, el incrustado de las semillas de pequeño calibre hace posible su aprovechamiento facilitando la siembra de precisión. Esto minimiza las tareas de ajuste y elección de placas y garantiza un stand adecuado de plantas, aspecto que resulta relevante en esta especie, si se pretenden alcanzar altos rendimientos.

La necesidad de conocer cómo afecta el incrustado a la calidad fisiológica de las semillas de girasol, objetivo general del presente estudio, surgió de la mencionada aplicación y de los antecedentes hallados en otras especies (capitulo 1).

Los principales hallazgos se resumen en el esquema integrador de la Figura 5.1.

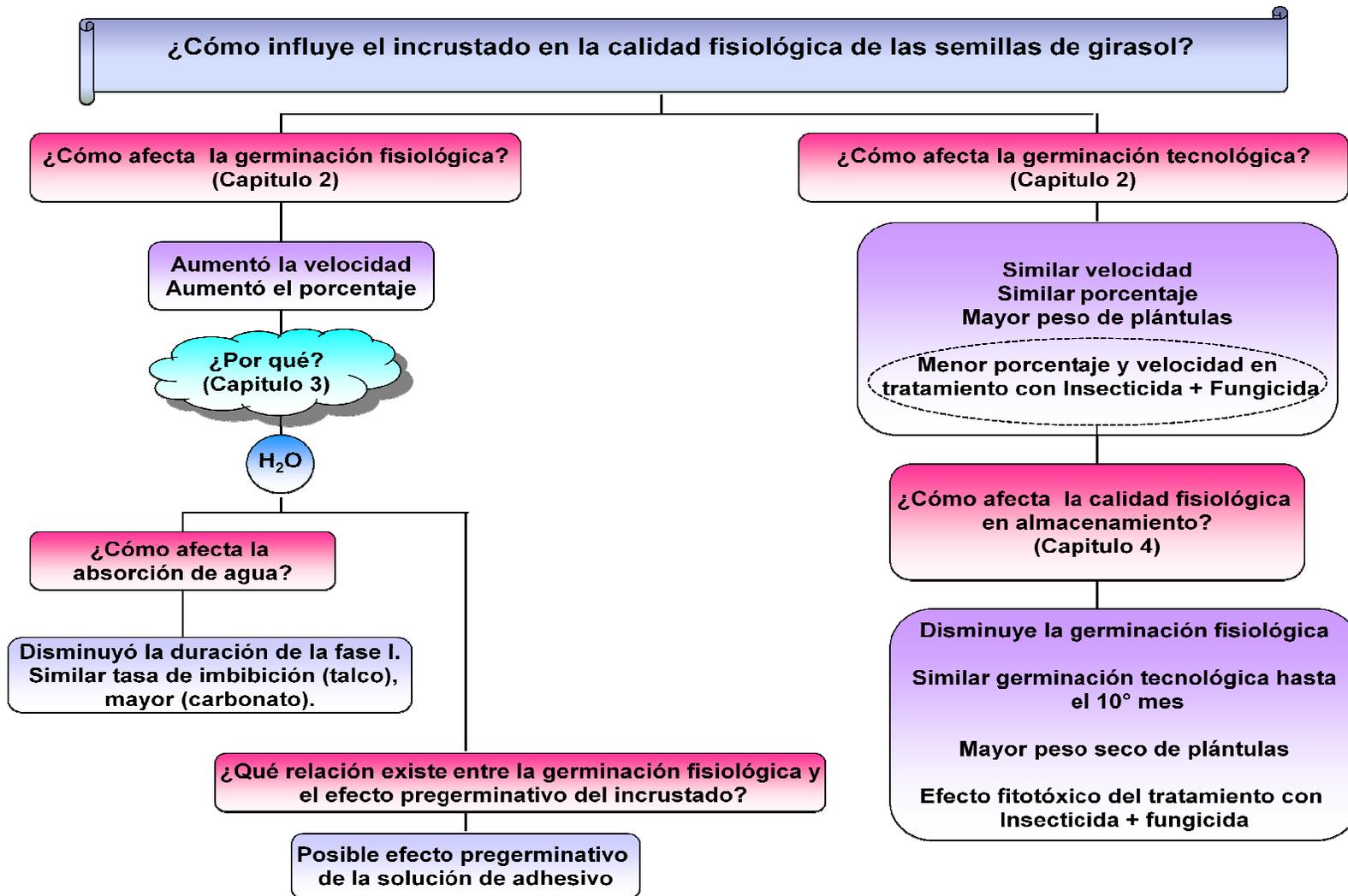


Figura 5.1: Esquema integrador de los principales hallazgos de la tesis

El capítulo 2 demuestra el incrustado causa beneficios sobre la generación de radículas y el tamaño de plántulas sin afectar adversamente el porcentaje y la velocidad de crecimiento de plántulas. Por lo tanto, la tecnología de incrustado mantiene la calidad fisiológica de las semillas de girasol. Además de ello, se verifica un efecto adverso sobre la germinación tecnológica por parte de la combinación de pesticidas empleados.

Las razones por las cuales el incrustado aumenta la velocidad de germinación fisiológica se exploraron en el capítulo 3. El análisis se centró en el factor agua, dada su importancia en el proceso germinativo y las referencias que sustentan relaciones entre el recubrimiento, la alteración de la dinámica de absorción de agua y la velocidad de germinación fisiológica. Se demostró que efectivamente, el incremento en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas está vinculado a modificaciones en su capacidad de absorción de agua. El incrustado mejora el contacto medio/semilla, distribuyendo más uniformemente el agua a su alrededor y ocasionando una reducción en la duración de la fase I de germinación. Por tal razón, para las condiciones de este estudio, el acortamiento en la fase I de germinación sería una de las razones que permite explicar el aumento en la velocidad de germinación fisiológica de las semillas incrustadas de girasol. Además de ello, se demostró que el incrustado actuaría en forma comparable al efecto pregerminativo que resulta de la aplicación de agua en cantidades excesivamente altas. De las relaciones halladas se desprende la necesidad de profundizar mediante futuras investigaciones si la modificación en la duración de las fases de germinación se vincula a la capacidad del incrustado de aumentar el contacto medio-semilla y al efecto pregerminativo del incrustado, en forma conjunta o aisladamente.

El efecto del incrustado sobre la calidad fisiológica durante el almacenamiento se evaluó en el capítulo 4. Si bien, la emergencia de radículas de las semillas incrustadas de girasol se reduce a partir de los diez meses de almacenamiento, la emergencia de plántulas, no es afectada por el tratamiento de incrustado. Por lo cual, para las condiciones evaluadas, las semillas incrustadas

de este híbrido de girasol, mantienen su calidad fisiológica hasta el décimo mes de almacenamiento. La disminución significativa de la velocidad de emergencia de plántulas y en el porcentaje de germinación en el tratamiento que combinó insecticida + fungicida se produjo a expensas de la generación de anomalías en plántulas. Dicho comportamiento, se debería al efecto fitotóxico que resulta de la combinación de los pesticidas aplicados. Por tal razón, resulta conveniente ajustar minuciosamente las dosis de estos productos al momento de tratar las semillas de girasol. Por otra parte, convendría establecer la interacción de los mismos con el sustrato empleado. De este modo sería posible detectar si la respuesta observada se encuentra magnificada por el empleo del sustrato papel. Se propone corroborar este efecto mediante la utilización de otro tipo de sustratos.

El presente trabajo demostró que el incrustado de las semillas de girasol de pequeño calibre puede realizarse sin ejercer efectos nocivos sobre su calidad fisiológica, detectando una respuesta estable hasta el décimo mes de almacenamiento.

Las futuras líneas de investigación que surgen de este estudio deberían profundizar los siguientes aspectos:

- Germinación de las semillas incrustadas de girasol en relación a su capacidad de absorción de agua en otros sustratos y con semillas desincrustadas.
- Ajuste de dosis de pesticidas, su interacción y relación con otros sustratos.
- Regulación de dosificadores con semillas incrustadas.
- Evaluación de la emergencia a campo de las semillas incrustadas y su impacto sobre el rendimiento del cultivo.
- Estudio de inconvenientes que pudieran surgir del tratamiento y almacenamiento a gran escala.
- Desarrollo de la tecnología de incrustado con mayor diversidad de materiales, tanto de inertes como de adhesivos.

Resúmenes presentados en Reuniones Científicas

- Szemruch, C., Ferrari, L., Olivera, M., Postulka, E. Peleteo de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.). Su efecto sobre la calidad fisiológica. ASAGIR 2010. 5º Congreso Argentino de Girasol. 1-2 de junio de 2010. Universidad Católica Argentina. Bs. As.
- Szemruch, C., Ferrari, L., Olivera, M., Postulka, E. Incrustado de semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.). Su efecto sobre la dinámica de imbibición. XXII Seminario Panamericano de Semillas. 4-5 y de Agosto de 2010. Asunción. Paraguay.

Literatura citada.

- Aguirrezabal, L.A.N., Orioli, G.A., Hernández, L.F., Pereyra, V.R. y Miravé, J.P. 1996. Girasol: Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Unidad Integrada Balcarce: INTA Facultad de Ciencias Agrarias-UNMP. 1996. 127 pp.
- Ahmad, S. 2001. Environmental effects on seed characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal Agronomy and Crop Science*. 187: 213-216.
- Allen, R.R., Hollingsworth, L.D. and Thomas, J.D. 1983. Sunflower planting and emergence with coated seed. *Transactions of the ASAE*. 26 (3): 665-663.
- Arsego, O., Baudet, L., Dos Santos Amaral, A., Hölbig, L. e Peske, F. 2006. Recobrimento de sementes de arroz irrigado con ácido giberélico, fungicidas e polímero. *Revista Brasileira de Sementes*. 28 (2): 201-206.
- Baxter, L. and Waters, L. 1986a. Effect of hydrophilic polymer seed coating on the field performance of sweet corn and cowpea. *Journal American Society Horticultural Science*. 111(1): 31-34.
- Baxter, L. and Waters, L. 1986b. Effect of hydrophilic polymer seed coating on the imbibition, respiration, and germination of sweet corn at four matric potentials. *Journal American Society Horticultural Science*. 111 (4): 517-520.
- Bertagnolli, C.M., De Menezes, N.L., Dos Santos, O.S., Storck, L. e Pasqualli, L.L. 2003. Desempenho de sementes nuas e peletizadas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a estresses hídrico e térmico. *Revista Brasileira de Sementes*. 25 (1): 7-13.
- Bewley, J.D. and Black, M. 1994. Seed: physiology of development and germination. 1994. Plenum Press, New York, Londres. Inglaterra. 445 pp.
- Cook, S.J. 1975. Australian. CSIRO. Division of the Tropical Agronomy Annual Report. p. 91. Citado por Cook, S.J. 1980. Establishing pasture species in existing swards: a review. *Tropical Grasslands*. 14 (3): 181- 187.
- Coraspe, H.M., Idiarte, H.G. e Minami, K. 1993. Avaliação do efeito da peletização sobre o vigor de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Agricola*. Piracicaba. 50 (3) : 349-354.
- Da Conceição, P. e Duarte Vieira, H. 2008. Qualidade fisiológica e resistencia do recobrimento de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*. 30 (3): 48-53.
- Di Rienzo, J.A., Robledo, C.W., Balzarini, M.G., Casanoves, F., Gonzalez, L. y Tablada, M. 2008. InfoStat. Software Estadístico versión 2008. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.

- Duan, X and Burris, J.S. 1997. Film coating Impairs Leaching of Germination Inhibitors in Sugar Beet Seed. *Crop Science*. 37: 515-520.
- Finch-Savage, W.E. 1995. Influence of seed quality on crop establishment, growth, and yield. En: *Seed Quality*. Basra, A.S. (ed). Food Products Press, New York. 361-384 pp.
- FIS 1999. El tratamiento de semillas. Una herramienta para la agricultura sostenible. Publicado en Internet. Disponible en www.los-seibos.com/teoria/semillatratamiendo.pdf. 1999.
- Franzin, S.M., De Menezes, N.L., García, D.C. e Rovers, T. 2004. Avaliação do vigor de sementes de alfase nuas e peletizadas. *Revista Brasileira de Sementes*. 26(2): 114-118.
- Furtado de Mendonça E., Moreira de Carvalho, N. e Ramos, N. 2007. Revestimiento de sementes de milho superdolce (SH²). *Revista brasileira de Sementes*. 29 (2): 68-79.
- Gouda, V.M., Vasudevan, S.N., Kurdikeri, M.B., Basavaraj, N. and Channappagoudar, B.B. 2008. Influence of seed pelleting on storability of Onion (*Allium cepa* L.) Seeds. *Karnataka Journal Agric. Sci.* 21(2): 206-211.
- Govinden-Soulange, J. and Levantard, M. 2008. Comparative studies of seed priming and pelleting on percentage and meantime to germination of seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *African Journal of Agricultural Research*. 3 (10): 725-731.
- Grellier, P., Riviere, L.M., and Renault, P. 1999. Transfer and water retention proprieties of seed-pelleting materials. *European Journal of Agronomy*. 10: 57-65.
- Halmer, P., Bewley, D.J. and Black, M. 2005. *The encyclopedia of seeds: science, technology and uses*. CAB International. Oxon, Wallingford, UK (in press).
- Hernandez, L.F. y Orioli, G.A. 1985. Imbibition and germination rates of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds according to fruit size. *Filed Crops Research*. 10: 355-360.
- Hernández, L.F. y Paoloni, P.J. 1990. Germinación y emergencia de cuatro híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) con diferente contenido lipídico y en relación con la temperatura. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 13 (3): 345-358.
- Huijbregts, A.W.M., Gijssel, P.D. and Heijbroek, W. 1995. Fungicides and insecticides applied to pelleted sugar-beet sedes. I. Dose, distribution, stability and release patterns of active ingredients. *Crop protection*. 14(5): 355-362.

- International Seed Testing Association (I.S.T.A.). 2006. ISTA Handbook on Seedling Evaluation. Third Edition. Ed. Ronnie Don. Basserdorf, Suíza.
- International Seed Testing Association (I.S.T.A.). 2010. International rules for seed testing. Zürich, Suíza.
- Kim, D.H., Pavon, M.M. and Cantliffe, D.J. 2000. Germination of primed, pelleted, and film-coated lettuce seeds before and after storage. Proc. Fla. State Hort. Soc. 113: 256-259.
- Klein, J. D. and Sachs, M. 1992. Measurements of water uptake and volatile production by coated wheat seeds and subsequent seedling growth. Seed Science and Technology. 20: 299-305.
- Korpál, W. 1999. Investigations of the influence of component characteristics of a coat on the germination ability of coated seeds. Int. Agrophysics.13: 463-468
- Little T.M. 1985. Analysis of percentage and rating scale data. HortScience. 20: 642-644.
- Lopes Cavalcante, F. C. e Brito de Oliveira, R. 2008. Avaliação de aquênios de girassol com diferentes tamanhos e campos de produção mensurados pelo processo de emergência. 4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica Universidade Federal de Uberlândia. 2008. Brasil.1-7 pp.
- Lush, W.M. and Groves, R.H., Kaye, P.E. 1981. Presowing hydration - dehydration treatments in relation to seed germination and early seedling growth of wheat and ryegrass. Australian Journal Plant Physiology. 8: 409-425.
- Magalhães, P.C., Ferreira, D.M., Vasconcelos, C.A., Acevedo, J.T. e Borba, C.S. 1994. Efeito da peletização na germinação e desenvolvimento de cultivares de sorgo. Revista Brasileira de Sementes.16 (1): 20-25.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science. 2(1): 176-177.
- Maroni, J., Fernández, Asenjo, C. y Dalla, M.N. 2004. Prestaciones de un dosificador neumático para la siembra monograno de semillas de girasol. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. 5:99-104.
- Mc Donald, M., B. 1998. Seed quality assessment. Seed Science Research. 8: 265-275.
- Mc Donald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology. 27:177-237.

- Mc William, J.R., and Dowling, P.M. 1970. Proceedings of the XIth. International Grassland Congress. Surfers Paradise.p.578. Citado por Cook, S.J.1980. Establishing pasture species in existing swards: a review. *Tropical Grasslands*. 14 (3): 181- 187.
- Medeiros, E.M., Baudet, L., Peres, W.B. e Peske, F.B. 2006. Recobrimento de sementes de cenoura com aglomerante em diversas proporções e fungicida. *Revista Brasileira de Sementes*. 28(3): 94 -100.
- Murcia, M., Del Longo, O., Argüello, J., Perez, M.A. y Peretti, A. 2006. Evaluación del crecimiento de plántulas de cultivares de girasol con diferentes proporciones de ácidos oleico/linoleico en respuesta a la baja temperatura. *Revista Brasileira de Sementes*. 28 (2): 95-101.
- Nascimento, V. E., Silva, F. G., Pinto, J.E. e Oliveira, J.A. 2004. Efeito da peletização na germinação e emergência de sementes de carqueja. *Revista da Sociedade de Olericultura do Brasil*. 44º Congreso Brasileiro de Olericultura. Cuiabá. Brazil. 22 (2): 1-7.
- Nascimento, W. M., Silva, J. C., Santos, P. E. e Carmona, R. 2009. Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. *Horticultura Brasileira*. 27(1): 12-16.
- Oliveira, J.A., Pereira, C.E., Rodrigues Vieira, A., Guimarães, R.M. e Carvalho Da Silva, J.B. 2003. Desempenho de sementes de pimentão revestidas com diferentes materiais. *Revista Brasileira de Sementes*. 25 (2): 36-47.
- Pereira, C.E., Oliveira, J.A. y Mendes Guimarães, R. 2005. Acondicionamiento fisiológico y revestimiento de semillas de pimiento. *Revista Ciência Agronômica*. 36(1): 74-81.
- Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. (ed.) Hemisferio Sur. 281 pp.
- Popinigis, F. 1985. Fisiologia da semente. 2º Ed. Brasília-DF. 247 pp.
- Ranal, M.A. e Garcia de Santana D. G. 2006. Como e por que medir o processo de germinação?. *Rev. Bras. Bot.* 29 (1): 1-11.
- Roos, E.E. and Moore, F.D. 1975. Effect of seed coating performance of lettuce seeds in greenhouse soil tests. *Journal Amer. Soc. Hort. Sci.*100: 573-576.
- Roos, E., 1979. Germination of pelleted and taped carrot and onion seed following storage. *Journal of seed technology*. 4 (1): 65-78.
- Sachs, M, Cantliffe, D.J. and Nell, T.A. 1981. Germination studies of clay-coated sweet pepper seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 106: 385-389.

- Sachs, M., Cantliffe, D.J. and Nell, T.A. 1982. Germination behavior of sand-coated sweet pepper seed. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.107: 412-416.
- Salum, J.D., Da Silva, C.D., Rosa, M. S., Vasquez, G.H. e De Carvalho, N. M. 2008. Efeito de diferentes temperaturas no desempenho germinativo de sementes peletizadas de alface cv Vera. XII encuentro latinoamericano de investigación científica. VIII Encuentro latinoamericano de posgraduados. Universidad de Vale do Paraíba. Disponible en http://www.inicepg.uniuap.br/cd/inc_2008/anais/arquivosEPG/EPG00721_01_0.pdf. 2008.
- Sayury Tanada-Palmu, P., De Salles Penteadó Proença, P., Espindola Trani, P. e Passos, F.A. 2005. Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. *Bragantia*, Campinas. 64(2): 291-297.
- Schneider, A. and Renault, P.I. 1997a. Effects of coating on seed imbibition: I. Model Estimates of water transport coefficient. *Crop Science*. 37: 1841-1849.
- Schneider, A and Renault, P. I. 1997b. Effects of coating on seed imbibition: II. Effect of coating rates. *Crop Science*. 37: 1850-1857.
- Scott, M. 1989. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. *Advances in Agronomy*. 42: 43-83.
- Sheldon, J.C. 1974. The behaviour of seeds in soil. III. The influence of seed morphology and the behaviour of seedlings on the establishment of plants from surface-lying seeds. *Journal Ecology*. 62:47-66.
- Silva, J.B. e Nakagawa, J. 1998. Confecção e avaliação de péletes de sementes de alface. *Horticultura Brasileira*. Brasília. 6(2): 151-158.
- Silva, J.B.C., Santos, P.E.C. e Nascimento, W.M. 2002. Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. *Horticultura Brasileira*, Brasília. 20(1): 67- 70: 335-341.
- Šimić, B., Vratarić, M., Sudarić,A., Krizmanić,M and Andrić, L. 2005. Effect of storage longevity under different storage conditions on seed vigor and oil content in maize, soybean and sunflower. *Agriculture. Scientific and Professional Review*. 11(2): 1-7.
- Taylor, A.G. and Harman, G.E. 1990. Concepts and technology of selected seed treatments. *Annual Review of Phytopathology*. 28: 321-339.
- Taylor, A.G., Allen, P.S., Bennet, M.A., Bradford, K.J., Burriss, J.S. and Misra, M.K. 1998. Seed enhancements. *Seed Science Research*. 8: 245-256.

- Teixeira, A. Z. A. 2007. Evaluation of powder properties from the seed coat of tinguí (*Magonia pubescens*) as an excipient for seed pelleting. *Estud. Biol.* 29(67): 171-178.
- Tetteroo, F., Kofman, S and Legro, B. 2009. Smart pellet technology for safe and accurate insecticide applications. Seed Treatment Symposium. Wishaw, West Midlands . Netherlands. Disponible en: <http://www.keywordspy.co.uk/overview/domain.asp.incotec>. Septiembre de 2009. pp: 1-7.
- Valla, J. 2007. Morfología de las plantas superiores. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 322 pp.
- West, S.H, Loftin, S.K., Wahl, M., Batich, C.D. and Beatty, C.L.1984. Polymers as moisture barriers to maintain seed quality. *Crop Science.* 25: 941-944.