



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL PARA
DETERMINAR LA CALIDAD EN SEMILLAS DE CEBADA.

LUCILA CELESTE RASADORE ASTIASUAIN

Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras

DIRECTORA: Ing. Agr. M.Sc. Miriam Arango (Estación Experimental INTA Oliveros)

CO DIRECTOR: Ing. Agr. Dr. Carlos Gosparini.

AÑO: 2016.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL PARA DETERMINAR LA CALIDAD EN SEMILLAS DE CEBADA.

TESISTA: Lucila Celeste Rasadore Astiasuain.

Ingeniera Agrónoma-UNL.

Este Trabajo Final es presentado como parte de los requisitos para optar al grado académico de Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentada para la obtención de otro título en ésta u otra Universidad. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en 1 año, durante el período comprendido entre 2014-2015, bajo la dirección de la Ing. Agr. M.Sc. Miriam Arango y el Ing. Agr. Dr. Carlos Gosparini.

Ing. Agr. Lucila Rasadore

Nombre y firma del Autor

Ing. Agr. M.Sc. Miriam Arango

Nombre y firma del Director

Ing. Agr. Dr. Carlos Gosparini

Nombre y firma del Co Director

Defendida:de 20__

AGRADECIMIENTOS

A la **Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario**, por facilitarme las instalaciones para llevar adelante la tesis de la Especialización Producción de Semillas y brindarme la posibilidad de capacitarme.

A la **Ing. Agr. (M.Sc.) Miriam Arango** y el **Ing. Agr. (Dr.) Carlos Gosparini** por el apoyo incondicional, dedicación, paciencia y conocimientos transmitidos.

A la **Lic. en Biotecnología Alejandra Peruzzo** y la **Lic. en Estadística Ivana Barbona** por su orientación, atención y consejos dedicados.

A mi familia por darme la posibilidad de realizar la Especialización y seguir capacitándome.

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPOTESIS.....	9
OBJETIVOS.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS Y/O SÍMBOLOS

$\arcsen \sqrt{x}/100$:	Arco seno de la raíz cuadrada de la proporción
° C:	Grado Centígrado
%:	Porcentaje
Fig.:	Figura
g:	Gramos
h:	Horas
tn:	Toneladas
$\mu\text{S.cm}^{-1}$:	Micro Siemens por centímetro
$\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$:	Micro Siemens por centímetro por gramo
AOSA:	Asociación Oficial de Analistas de Semillas
BPC:	Brotado precosecha
CE:	Conductividad eléctrica
CESI:	Conductividad eléctrica de semillas individuales
CH:	Contenido de humedad
PC:	Primer conteo
PGE:	Prueba de germinación estándar
INASE:	Instituto Nacional de Semillas
INTA:	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
ISTA:	Asociación Internacional de Análisis de Semillas
SAGPyA:	Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación
SENASA:	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
VC	Valor de Corte

RESUMEN

La calidad de las semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), es de suma importancia para el proceso de malteado, debido a que en dicho proceso ésta debe germinar en su totalidad para lograr su transformación en malta. Entre las pruebas que permiten medir los atributos de calidad encontramos, la Prueba de germinación estándar (PGE), la Prueba de primer conteo (PC), Envejecimiento acelerado, Prueba de frío, Prueba de crecimiento de plántulas, Prueba topográfica por tetrazolio y Conductividad eléctrica entre otras.

La Prueba de conductividad eléctrica (CE) evalúa la capacidad de circulación de una corriente eléctrica dada en la solución en la que se sumergen las semillas en un periodo de tiempo a una determinada temperatura. Es un método que a partir de los valores obtenidos permite inferir la calidad de un lote de semillas, su germinación y vigor en 24 h o menos. Los objetivos de este trabajo fueron: establecer los valores de corte que permitan estimar el vigor y el potencial de germinación en lotes de semilla de cebada utilizando el equipo “SAD 9000-S, CONSULTAR, Ingeniería e Informática” y determinar la evolución de la lixiviación de electrolitos en un periodo de 48 h. El trabajo se realizó en el Laboratorio de Biodiversidad de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, ubicada en la localidad de Zavalla, Santa Fe. Se trabajó con muestras provenientes de 25 lotes de semillas de cebada de la variedad Scarlett. Las pruebas de laboratorio realizadas fueron: Determinación del contenido de humedad, Prueba de germinación estándar, Prueba de primer conteo, Peso de 100 semillas y Prueba de conductividad eléctrica de semillas individuales (CESI). La evolución de la lixiviación de electrolitos al medio durante 48 horas mostró el patrón característico con un incremento rápido al principio y más lento pero continuo a lo largo del tiempo. Con la cota inferior de $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y el uso de Valor de corte de $50 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para germinación y $45 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para vigor se lograron los mayores valores de correlación para las estimaciones Potencial de germinación y vigor con el equipo SAD 9000-S con la PGE y PC. La medición de la CESI realizada con el equipo SAD 9000-S en semillas de cebada var. Scarlett mostró una relación directa y positiva entre el PGE y la lixiviación de electrolitos.

Palabras claves: *Hordeum vulgare*, calidad, conductividad eléctrica, poder germinativo, vigor.

ABSTRACT-The quality of the seeds of barley (*Hordeum vulgare* L.), is of paramount importance for the malting process, because in this process it should germinate in its entirety to get processing into malt. Among the tests to measure quality attributes are the standard germination test (PGE), the first count test (PC), accelerated aging cold test, seedling growth test, topographical tetrazolium test and electrical conductivity among others.

Test electrical conductivity (EC) evaluates the ability of an electric current flow in the solution given in which seeds are immersed in a period of time at a given temperature. It is a method based on the values obtained infer the viability and vigor of the seeds in 24 hours or less.

The objectives of this study were to establish cutoff values to estimate vigor and germination potential of seed lots of barley using the computer “SAD 9000-S, CONSULTAR, and Computer Engineering” and determine the evolution of the leaching of electrolytes in a period of 48 hours.

The work was conducted at the Laboratory of Biodiversity, Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Rosario, located in the town of Zavalla, Santa Fe. We worked with samples from 25 lots of barley seeds of the variety Scarlett. Laboratory tests were performed: Determination of moisture content, standard germination test, first count test, weight of 100 seeds and electrical conductivity testing individual (CESI). The evolution of the leaching electrolyte to the medium for 48 hours showed the characteristic pattern with a rapid increase at the beginning and slower but steady over time. With the lower level of $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ and using cutoff value of $50 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ for germination and $45 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ to effect the largest correlation values achieved for germination potential estimates and force the team SAD 9000-S with PGE and PC. CESI measurement performed with equipment-S SAD 9000 in barley seeds var. Scarlett showed a direct and positive relationship between PGE and leaching electrolyte.

Key words: *Hordeum vulgare*, quality, electrical conductivity, germination, vigor.

Lista de Figuras

		Pág.
Figura 1	Semilla de cebada mostrando sus diferentes partes.....	2
Figura 2	a) Humedímetro MOTOMCO y b) detalle del visor del equipo.....	11
Figura 3	Realización de la operación de homogenizado y división de las muestras con el Divisor Rifle.....	12
Figura 4	Ejecución de la siembra. Distribución de las semillas de cebada sobre el sustrato papel húmedo.....	13
Figura 5	Vista de la cámara de germinación marca INGELAB, utilizada en el experimento....	14
Figura 6	Rollos de papel retirados de la cámara de germinación después de haber transcurrido los 7 días en la cámara de germinación.....	14
Figura 7	Plántulas normales de cebada obtenidas en el recuento de plántulas.....	14
Figura 8	Apertura de rollos para realizar la Prueba de primer conteo.....	17
Figura 9	Equipo SAD 9000-S con todas sus partes constituyentes: bandejas multiceldas; cabezal múltiple de medición; bandeja de lavado; bomba de comando de bandeja lavadora y del cabezal de llenado; mini PC; bidón para agua deionizada, mangueras y cables.....	18
Figura 10	a) Detalle del llenado de una bandeja de 100 celdas con el cabezal; b) ubicación del cabezal múltiple de medición sobre la bandeja; c) detalle del pantalla con el programa de medición y manipuleo de datos del Equipo SAD 9000-S.....	18
Figura 11	Balanza de precisión marca PIONEER.....	19
Figura 12	Evolución de la lixiviación de electrolitos de cinco muestras de cebada de la variedad Scarlett expresado en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ evaluado durante 48 h medido con el equipo SAD 9000-S.....	27
Figura 13	Correlación entre la PGE (%) y la Conductividad eléctrica individual de semillas $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	43
Figura 14	Correlación entre el Potencial de germinación (%) estimado mediante el equipo SAD 9000-S y la Conductividad eléctrica individual de semillas ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$).....	44

Lista de Tablas

		Pág.
Tabla 1	Contenido de humedad (%) de las 25 muestras de cebada var. Scarlett ordenados de menor a mayor.....	22
Tabla 2	Plántulas normales producidas (%) en la Prueba de germinación estándar de las 25 muestras de cebada var. Scarlett, ordenados de menor a mayor.....	24
Tabla 3	Plántulas normales producidas (%) en la Prueba de primer conteo de las 25 muestras de cebada var. Scarlett, ordenados de menor a mayor.....	26
Tabla 4	Valores de Potencial de germinación y vigor de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett obtenido por el equipo SAD 9000-S utilizando $120 \mu\text{S.cm}^{-1}$ como valor de corte para germinación y $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ como valor de corte para vigor y valores de la Prueba de germinación estándar (%) y Primer conteo (%).....	29
Tabla 5	Coefficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota de $10 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte $120 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para poder germinativo y $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.....	30
Tabla 6	Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S utilizando una cota inferior de $1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.....	31
Tabla 7	Coefficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de $1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a $25 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.....	32
Tabla 8	Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S utilizando una cota inferior de $2 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.....	33
Tabla 9	Coefficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de $2 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a $25 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.....	34
Tabla 10	Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S utilizando una cota inferior de $3 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.....	35
Tabla 11	Coefficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de $3 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a $25 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.....	36

Tabla 12	Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S utilizando una cota inferior de $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.	37
Tabla 13	Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a $25 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para vigor.....	38
Tabla 14	Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S utilizando una cota inferior de $5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.....	39
Tabla 15	Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de $5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a $25 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para vigor.....	40
Tabla 16	Valores de Peso de 100 semillas (g) y Conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de las 25 muestras de cebada var. Scarlett, ordenados de menor a mayor y peso de 100.....	41
Tabla 17	Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de CE en ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) y ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) y los valores de Germinación y Vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor estimados por el equipo SAD 9000-S.....	42

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL PARA DETERMINAR LA CALIDAD EN SEMILLAS DE CEBADA

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), es una especie monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las Poáceas (ex gramíneas). Su fruto es un cariopsis, seco e indehiscente que se encuentra soldado con la verdadera semilla formando lo que corrientemente se denomina grano. El embrión se encuentra situado en la base de la cara dorsal. En su extremo superior está la plúmula, o rudimento de la parte aérea, en la que se empiezan a diferenciar los primordios foliares; y sobre ella, una vaina protectora: el coleóptilo. En su extremo inferior está la radícula protegida por una cubierta denominada coleoriza. En la zona ventral se sitúa, a un lado, el escutelo (cotiledón único de las gramíneas), órgano situado entre el embrión y el endospermo que tiene por misión movilizar las reservas de este último para ponerlas a disposición de aquel en el momento de la germinación del grano; y al otro una protuberancia llamada epiblasto, que correspondería a un segundo cotiledón rudimentario. La zona entre la radícula y la plúmula, recibe el nombre de mesocótilo, que separa la base del coleóptilo de la parte laminar del escutelo (cotiledón), que permanece en el interior de la semilla (Fig.1).

Recuperadode:http://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/PASCI CULTURA%20Y%20SAF/Benito/1.%20MORFOLOGIA%20DE%20GAM%C3%8DNEAS.pdf.

Semilla y cariopsis serán utilizados como sinónimos a lo largo del trabajo.

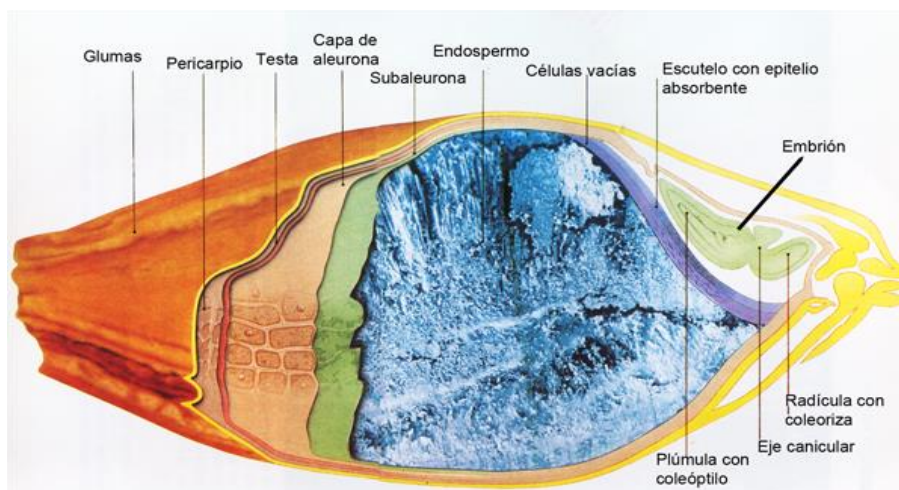


Fig. 1: Semilla de cebada mostrando sus diferentes partes.

Fuente: <http://caeliacerea.blogspot.com.ar/2015/03/ingredientes-i-la-cebada.html>.

Su uso principal está destinado a la alimentación de los animales y del hombre, así como para cervecería y maltería (Clément-Grandcourt y Prats, 1969). Es el cuarto cereal del mundo por volumen de producción, detrás de maíz, arroz y trigo. En Sudamérica, la República Argentina es el mayor productor de cebada, especialmente de cebada maltera. A nivel mundial el principal destino que se le da a este grano es su utilización como forrajero, ya que cerca del 73 % de la producción mundial se destina a forraje, el 20 % se utiliza como cebada maltera, y el resto a consumo humano directo y otros usos industriales (Cattáneo, 2011).

En la Argentina, la cebada, es utilizada casi exclusivamente para la fabricación de malta, a diferencia de Europa donde existe además un mercado forrajero que absorbe el producto excedente o de mala calidad (Bragachini y Peiretti, 2013). La producción de cebada cervecera de nuestro país ha crecido notablemente en los últimos veinte años, acompañado dicho crecimiento, por la ampliación de la distribución geográfica del cultivo, siendo la provincia de Buenos Aires la que produce el 90 % del tonelaje nacional (Bragachini y Peiretti, 2013).

En un análisis histórico se informa que el cultivo de la cebada ocupó importantes áreas hasta la década del sesenta, desapareciendo con posterioridad hasta fines de los años setenta, momento a partir del cual se intensificó nuevamente su siembra. Hasta 1985 el cultivo de cebada cervecera decayó en forma considerable, pero con la firma del tratado de complementación económica entre Argentina y Brasil, que luego sería el Mercosur, vuelve a tomar importancia y comienza a crecer la superficie sembrada. Este incremento en la

producción fue promovida por la industria cervecera, se instalaron en el país nuevas y modernas industrias malteras y se ampliaron las existentes (Tomaso, 2004). En la década del ochenta, se cosecharon en promedio un valor cercano a las 200.000 tn, tonelaje que trepó a más de 500.000 tn en la última década, con un pico de récord de producción en la campaña agrícola 1997/98 de 921.000 tn (SAGPyA, 2009).

La integración económica Mercosur fue el factor de crecimiento de la superficie y producción de cebada cervecera en la Argentina y se le sumó un considerable aumento en el consumo interno de cerveza. De acuerdo a ello, la producción de malta creció en forma considerable. Del tonelaje de malta producido el 30 % se dedica a industria de cerveza y el resto se exporta. En los últimos años el consumo de cebada cervecera viene creciendo en todo el mundo, en Asia más del 150 % y en Sudamérica más del 70 %. Por otra parte, se espera que este crecimiento sostenido continúe, especialmente en China que aún tiene un bajo consumo. Si este país comienza a aumentar su demanda en cerveza sería un impacto muy alto en la cadena de producción (Tomaso, 2004).

La cosecha Argentina de cebada (forrajera + cervecera) en 2014/15 fue de 2,85 millones de toneladas, una cifra 950.000 inferior a la registrada en la campaña 2013/14, según datos del último informe semanal de evolución de cultivos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (infocampo.com.ar, 2015).

La industria maltera requiere de un abastecimiento en forma continua de suficientes toneladas de semillas de cebada con adecuada calidad. Durante el proceso industrial de malteado, la calidad fisiológica de la semilla de cebada es de suma importancia debido a que durante dicho proceso ésta debe germinar en su totalidad para lograr su transformación en malta. Entre los parámetros que tienen mayor incidencia comercial se encuentra el porcentaje de proteína que debe oscilar entre 10 % como mínimo y 12 % como máximo. Por otro lado, las partidas deben contener un elevado porcentaje de granos gruesos y enteros, condición que también es reconocida a la hora de fijar precio. Tradicionalmente los malteros se basaron en métodos subjetivos para la adquisición de cebada en base a una escala de puntos que calificaba los lotes. Entre los caracteres observados figuran el color, el brillo, el olor, la forma del grano, la finura de la cascara, la harinosidad, la dureza, etc. No obstante ello, se sugirió complementar la escala de puntos con análisis objetivos y se propuso registrar el Peso hectolítrico, Peso de mil granos, Porcentaje de proteína y otros como Pureza varietal y Germinación (Arias, 1991).

En este sentido las Normas de Calidad y Comercialización de cebada cervecera fijan los estándares para la industria y exige una base de poder germinativo de 98 %, con tolerancia de recibo hasta el 95 % (SENASA, 2013). En consecuencia, toda semilla que no germina afecta, en gran medida, la calidad industrial del producto final, la eficiencia del proceso y por su puesto el valor comercial (Bragachini y Peiretti, 2013).

Una semilla de calidad es una semilla viable y vigorosa, es decir, una semilla capaz de producir una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales. Para ello debe contar con una serie de atributos que le aseguren germinar bajo un amplio rango de condiciones agroclimáticas (Arango y Gallo, 2013). Entre los atributos de calidad se evalúa la germinación a través de la Prueba de germinación estándar (PGE), que brinda información sobre el porcentaje de semillas capaces de producir plántulas normales en condiciones totalmente controladas y favorables para la especie. La metodología de esta prueba se encuentra descrita en las Reglas Internacionales para Análisis de Semilla (ISTA, 2012).

Para la especie cebada la PGE demanda para su ejecución un periodo de tiempo de once días, ya que requiere de un pretratamiento de frío de cuatro días, para la ruptura de la dormición y una etapa de incubación en cámara de siete días.

El vigor es un atributo más de calidad y se define como un conjunto de propiedades que determina el nivel de actividad y comportamiento de un lote de semillas de germinación aceptable en un amplio rango de condiciones ambientales (ISTA, 2015).

Las pruebas de vigor evalúan directa o indirectamente la condición fisiológica del lote de semillas. Existen distintos tipos de pruebas, algunas miden la velocidad de emergencia en condiciones de campo, otras lo hacen en el laboratorio en condiciones controladas pero sin estrés como la velocidad de germinación. Por otra parte, otras técnicas evalúan aspectos bioquímicos como la Prueba de tetrazolio, la integridad de las membranas celulares como la de Conductividad eléctrica y otros métodos que imponen distintos tipos de estrés como de alta o baja temperatura, anaerobiosis, inmersión en agua a altas y bajas temperaturas, germinación en sustrato compactado, etc. (Hampton y Tekrony, 1995).

Entre las pruebas podemos mencionar a la de Primer conteo, Envejecimiento acelerado, Prueba de frío, Prueba de crecimiento de plántulas, Prueba topográfica por tetrazolio y Conductividad eléctrica entre otras. Estas pruebas se encuentran descriptas, recomendadas y algunas ya tienen el estado de validadas en las Reglas ISTA y los Manuales de la Asociación Internacional de Análisis de Semilla (ISTA, 2015). La mayoría de los métodos anteriormente

mencionados demandan para su ejecución un periodo de tiempo variable según la prueba, que va entre dos y once días. Además, los mismos poseen diferentes niveles de complejidad en su ejecución y requieren de una capacitación específica del analista, como por ejemplo en la correcta evaluación de plántulas, para todas las pruebas relacionadas con germinación o evaluación de cariopsis para las de tetrazolio.

Tanto en el comercio de semilla como en la industrialización de la cebada es de suma importancia tener resultados tanto de viabilidad como de vigor en forma rápida, confiable, objetiva y repetible.

Entre las pruebas de vigor podemos citar a la de Conductividad eléctrica (CE) que presenta ciertas ventajas con respecto a las demás pruebas, como la de ser rápida y objetiva ya que evalúa integridad de membranas celulares. Por otro lado, tiene el carácter de “validada” en las Reglas de la Asociación Internacional de Análisis de Semilla (ISTA, 2014), para la especie arveja y su metodología se encuentra perfectamente estandarizada y descripta (Hibbard y Miller, 1928; Matthews y Bradnock, 1967; Steere et al., 1981; Hepburn et al., 1984; Wilson, et al., 1992; 1992; Hampton y Tekrony, 1995; Vieira y Krzyzanowski, 1999). La CE del líquido de imbibición de semillas ha sido una prueba intensamente utilizada a partir de la década del 60 aunque, ya había usada en la década del 20, para estimar la viabilidad de semillas en especies como capin Timoteo y trébol rojo (Fick y Hibbard, 1925) y en arveja, trigo, maíz y poroto (Hibbard y Miller, 1928). A partir de estos estudios iniciales la CE se estudió para evaluar la calidad fisiológica de varias especies, entre las que se puede destacar, en algodón (Presley, 1958; Halloin, 1975; Hopper y Hinton, 1987); en arveja (Brandnock y Matthews, 1970; Matthews y Carver, 1971; Caliar y Marcos Filho, 1990; Nascimento y Cícero, 1991); en maíz (Tao, 1980; Bilia, 1992; Vieira et al., 1995) y en soja (Tao, 1978 y 1980; Marcos Filho et al., 1982 y 1990; Hampton et al., 1992; Vieira et al., 1998). El test primeramente fue realizado para predecir la emergencia a campo de semillas en arveja y posteriormente usado para evaluar el vigor de esa especie en Europa, Australia, Nueva Zelanda y América del Norte (Hampton y Tekrony, 1995).

Las membranas celulares sufren alteraciones durante el desarrollo de las semillas, la desecación en la cosecha y la imbibición que antecede en la germinación. Durante la desecación de las semillas, las membranas sufren un proceso de desorganización estructural, estando más desorganizadas cuanto menor es el contenido de agua (Bewley, 1986), perdiendo temporariamente su integridad organizacional (Simon y Raja Harun, 1972). Además, las

membranas celulares se desorganizan y dañan por la acción del envejecimiento natural (Delouche y Baskin, 1973; Bewley y Black, 1985) y como consecuencia se reduce el vigor de las semillas (AOSA, 1983). De este modo, la integridad de las membranas celulares puede ser considerada como una causa fundamental en las alteraciones en el nivel de vigor de las semillas el cual puede ser indirectamente evaluado usando las determinaciones de la CE de la solución de la imbibición de las semillas (Hampton y Tekrony, 1995).

Las semillas secas de buena calidad sumergidas en agua deionizada, con una CE menor a $2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, primeramente liberan electrolitos al medio de imbibición, y luego al hidratarse las membranas recuperan lentamente la organización celular y la permeabilidad selectiva de las mismas. De esta manera se reduce o limita la pérdida de electrolitos al medio de imbibición también llamada lixiviación. Por el contrario, las semillas deterioradas fisiológicamente o con presencia de daños físicos, poseen menor capacidad de recuperar sus propiedades de permeabilidad selectiva o lo hacen muy lentamente de manera que liberan una gran cantidad de solutos al medio durante la imbibición en agua (Bewley y Black, 1985; Hampton y Tekrony, 1995; Vieira et al, 1999). Los solutos lixiviados al medio de imbibición desde las semillas, como son los azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, proteínas e iones fosfatos, calcio, potasio, magnesio y sodio, se caracterizan por poseer carga eléctrica, son iones y, consecuentemente conducen la corriente eléctrica (Bewley y Black, 1985; Arango, et al., 1996; Craviotto, et al., 1998; Vieira et al., 1999; Salinas, et al., 2001; Craviotto, et al., 2001; Arango, et al., 2001, Arango y Craviotto, 2002).

El principio de la Prueba de CE se remite a la medición de la cantidad de corriente eléctrica que permite conducir una solución acuosa en la que se sumergen las semillas durante un periodo de tiempo a una temperatura dada.

Existe una estrecha relación entre la condición fisiológica de las simientes y el valor de conductividad eléctrica, siendo las semillas de mayor vigor aquellas que presentan menores valores de conductividad eléctrica en el líquido de imbibición. Las semillas vigorosas son capaces de recuperar rápidamente la integridad de las membranas celulares y liberan por ello menores cantidades de electrolitos al medio de imbibición respecto a las semillas deterioradas o de menor vigor (Hampton y Tekrony, 1995 y Vieira et al, 1999).

Por otro lado, Powell (1988) consideró que la integridad de las membranas celulares determinada por los cambios bioquímicos deteriorativos y la capacidad para reorganizar y reparar daños, puede ser considerada la causa fundamental de las diferencias en el vigor de las

semillas, que son medidas en forma indirecta a través de la lixiviación de electrolitos durante la Prueba de CE. Los lotes de semillas que muestran una elevada germinación en laboratorio, pero liberan grandes cantidades de electrolitos, luego de la inmersión en agua, son considerados de bajo vigor, presentando el lote de semillas un bajo desempeño en condiciones de estrés. Contrariamente, lotes con una alta germinación y baja liberación de electrolitos son considerados de alto vigor y con mejor capacidad para soportar condiciones de estrés. Esto se debe a que las semillas con alto vigor recomponen la integridad de las membranas celulares más rápidamente que las de menor vigor; por lo tanto, cuando son sumergidas en medio acuoso liberan menos electrolitos que las semillas de bajo vigor. Por lo que la conductividad es inversamente proporcional al vigor (Peretti, 1994; Ferguson, 1995 citado por Salinas et al., 2001).

Sorensen et al. (1996) indicaron que cuando las semillas se secan (natural o artificialmente), las membranas celulares tienden a perder su capacidad para mantener los solutos dentro de las células, por lo tanto, la rehidratación es seguida por la lixiviación. Normalmente la integridad de la membrana se restablece durante la imbibición, pero las semillas vigorosas probablemente restablecen las membranas a una tasa más rápida, con una subsecuente menor lixiviación que las semillas menos vigorosas. Por lo tanto, se asume que el grado de lixiviación está correlacionado con la calidad de la semilla. Cuando la calidad es baja, debido a muchas semillas muertas y/o semillas que no manejan bien la restauración de sus membranas, la lixiviación es alta.

En este caso, la Prueba de conductividad eléctrica de semillas individuales (CESI), es una herramienta muy útil, ya que se trata de un ensayo rápido donde se obtienen resultados de vigor y germinación en 24 h o menos, puede ser realizada en la mayoría de los laboratorios de análisis de semillas con la necesidad de disponer de un equipo de CE y sin demasiado requerimiento de entrenamiento de personal (Vieira et al., 1999). Por otro lado, se trata de una prueba objetiva, ya que la evaluación se realiza por la medición de los electrolitos liberados desde la semilla al medio de imbibición y no por la evaluación de plántulas como en el caso de las otras pruebas y se elimina de esta manera la subjetividad por parte del analista. Numerosos autores han utilizado la Prueba de Conductividad eléctrica masal e individual en

diferentes especies con excelentes resultados y correlacionados a campo (Hampton y Tekrony, 1995; Vieira et al., 1999).

La Prueba de conductividad eléctrica masal se ha incorporado a las Reglas Internacionales de Análisis de Semilla. En el capítulo de vigor, se encuentra descripta su metodología para la especie arveja (*Pisum sativum*) desde el año 2003 (ISTA, 2012). La CE masal determina el valor medio de una masa de semillas, en este caso, unas pocas semillas seriamente dañadas aumentan el valor de la conductividad de manera significativa, sin que esto signifique el verdadero valor de conductividad del lote. Dentro de este contexto, se propone la medición de Conductividad eléctrica de semillas individuales (CESI) para lograr una medida más precisa que la conductividad masal. La CESI ha sido objeto de numerosos trabajos de investigación, evidenciando que es una alternativa metodológica que permite identificar el vigor en muchas especies (Hampton y Tekrony, 1995; Vieira et al., 1999). Para conducir la CESI se necesita un equipamiento apropiado, a tal efecto hubo varias versiones en el mercado, entre las que podemos mencionar, ASA-220, ASA-610, ASA-610S, ASAC-1000 y ASAC-1000S producidos y comercializados por Agro-Science Inc; el G-2000 de Wavefront (Vieira et al., 1999).

El equipo SAD 9000-S - CONSULTAR, Ingeniería e Informática, es un instrumental de fabricación nacional, que permite realizar mediciones de la conductividad eléctrica de los lixiviados de semillas individuales en forma objetiva, rápida y no destructiva (Association Official Seed Analysts, AOSA, 2009).

La estandarización de la Prueba de conductividad eléctrica de semillas individuales (CESI) y la obtención de valores máximos y mínimos de conductividad eléctrica para utilizarlos como valores de referencia constituyen un aporte a la evaluación de la calidad de semillas de cebada con rapidez, eficiencia y efectividad.

Para Salinas et al. (2001) la conductividad eléctrica es considerada una buena prueba de vigor para detectar indirectamente las alteraciones en las membranas citoplasmáticas, en estadios tempranos del deterioro de las semillas de soja.

Varios factores pueden causar variaciones en los resultados de los test de conductividad, semillas con altos contenidos iniciales de humedad, ejemplo 30 % de humedad o más para guisantes producen bajas lecturas de conductividad (Simon y Wiebe, citados por AOSA, 1983), mientras que semillas con bajos contenidos de humedad, ejemplo 7,2 % para soja producen lecturas significativamente altas de conductividad (Pollock et al., Tao, citados por

AOSA, 1983). Semillas con daños mecánicos dan valores altos de conductividad, tratamientos químicos sobre las semillas también afectan los resultados, pero el lavado con metanol elimina el efecto negativo del tratamiento químico que tenga la semilla (Tao, citado por AOSA, 1983). También se menciona el tamaño de los recipientes de lixiviación como factor influyente en los resultados.

Craviotto et al. (2008), trabajando con semillas de trigo y maíz reportaron que las sustancias a ser lixiviadas desde las superficies internas de la semilla, debieron atravesar diferentes capas de células de distinta organización anatómica y textura, que influyeron en el tiempo de la medición de la conductividad. En el caso de algunos cereales forrajeros como cebada, avena, raigrás y festuca que poseen cariopsis vestidos, la presencia de glumas, lemma y pálea, ejercieron un obstáculo adicional a la libre difusión de electrolitos.

Las semillas no deben llevar adheridas partículas extrañas como arena, tierra, aceite, restos orgánicos e inorgánicos ya que alteran la medición de la conductividad y ensucian los electrodos, Craviotto et al. (2008).

El volumen de agua en cada una de las celdas es otro factor de importancia, debiéndose mantener constante entre análisis. Las semillas y/o frutos liberan electrolitos al medio acuoso, y se produce una dilución de los mismos. Cuanto menor es la cantidad de sustancias liberadas, que puedan conducir la corriente eléctrica, mayor es la incidencia del volumen de agua en la medición (Craviotto et al. citado por Espasandín 2008).

HIPOTESIS

La medición de la Conductividad eléctrica de semillas individuales es una herramienta útil para estimar el potencial de germinación y el vigor de lotes de semilla de cebada.

OBJETIVOS

- Determinar la evolución de la lixiviación de electrolitos de los lotes de semillas de cebada.
- Determinar los valores máximos de conductividad eléctrica que permitan estimar el potencial de germinación y vigor en lotes de semilla de cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Biodiversidad de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, ubicada en la localidad de Zavalla, Santa Fe. Los ensayos se condujeron utilizando los equipos disponibles en el laboratorio: cámara de germinación INGELAB, heladera BRIKET, medidor de humedad MOTOMCO, divisor de muestras modelo Rifle y equipo de conductividad eléctrica de semillas individuales SAD 9000-S. Se utilizaron muestras provenientes de 25 lotes de semillas/cariopsis de cebada de la variedad Scarlett. Las muestras se recibieron embaladas en sobres especiales de papel a prueba de humedad y se guardaron durante todo el ensayo a 4 °C, para evitar alteraciones que pudieran modificar los atributos de calidad de las mismas. Las pruebas que se realizaron para evaluar la calidad fueron las siguientes: determinación del Contenido de humedad, Prueba de germinación estándar, Prueba de primer conteo, Peso de 100 semillas y Prueba de conductividad eléctrica de semillas individuales.

1- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Para la determinación del Contenido de humedad (CH) se utilizó un Humedímetro marca MOTOMCO. Se siguió la metodología de calibración y medición recomendada para el equipo por el fabricante. Se realizaron cuatro repeticiones de 100 g de semillas para cada uno de los lotes ensayados (Fig. 2).



Fig. 2: a) Humedímetro MOTOMCO y b) detalle del visor del equipo.

2- PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR

La Prueba de germinación estándar (PGE) para cebada se realizó siguiendo la metodología recomendada por las Reglas Internacionales de la Asociación de Análisis de Semillas, ISTA (ISTA, 2012). Previo al inicio del ensayo cada una de las muestras recibidas se homogeneizaron y dividieron con la utilización de un Homogeneizador-Divisor de Muestras modelo Rifle marca Cereal Tools, industria Argentina (Fig. 3).



Fig. 3: Realización de la operación de homogenizado y división de las muestras con el Divisor Rifle.

La prueba de germinación se realizó con el método entre papeles. Se utilizó como sustrato papel toalla (soft Kimberly Clark) humedecidos con agua destilada a saturación. Se determinó la capacidad de retención de agua del papel siguiendo la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Semillas (INASE, comunicación institucional, 2013). Para ello, se cortó un trozo de papel de 4 x 4 cm, se pesó, se sumergió en agua durante 2 minutos sosteniéndolo con una pinza, se lo dejó escurrir por 30 segundos, se pesó nuevamente y se calculó la capacidad de retención por diferencia de peso. El papel utilizado en el experimento mostró una capacidad de retención de 624,4 %.

Por cada muestra de semillas de cebada se utilizaron cuatro repeticiones de 50 cariopsis puros. Para la identificación de los cariopsis puros se tuvo en cuenta la definición de Semilla Pura de *Hordeum* del Capítulo 3 correspondiente al Análisis de Pureza de las Reglas (ISTA, 2014). Se considera semilla pura a: toda flor con lemma y palea encerrando a un cariopsis con o sin arista y con o sin segmento de raquis; porción de flor conteniendo un cariopsis de un largo mayor a la mitad del tamaño original, un cariopsis y una porción de cariopsis de un largo mayor a la mitad del tamaño original.

Las mismas se distribuyeron uniformemente sobre dos capas de papel humedecido, se cubrieron con otro papel húmedo y por último se armaron rollos (Fig. 4).



Fig. 4: Ejecución de la siembra. Distribución de las semillas de cebada sobre el sustrato papel húmedo.

Cada rollo constituyó una repetición. Las cuatro repeticiones de cada tratamiento, perfectamente identificadas, se introdujeron en bolsas de polietileno transparente y se cerraron para evitar pérdida de humedad durante la estadía en la cámara de germinación. Los rollos así preparados se colocaron en posición vertical, en un recipiente de transporte apropiado, y se depositaron en la heladera a una temperatura de 5 °C, durante cuatro días para conducir el pre tratamiento de frío para la ruptura de dormición, de acuerdo a lo recomendado para la especie por las Reglas Internacionales (ISTA, 2012). Luego del periodo de preenfriado, los rollos se retiraron de la heladera y se colocaron en la cámara de germinación, durante siete días a 20 ± 2 °C, para conducir la Prueba de germinación (Fig. 5).

Transcurrido el período de incubación, las muestras se retiraron de la cámara, se abrieron los rollos con mucho cuidado y se evaluaron las plántulas de acuerdo al criterio descrito en el Manual de Evaluación de Plántulas (ISTA, 2003) y en las Reglas Internacionales (ISTA, 2012) (Fig. 6). Las plántulas se clasificaron en normales, anormales y semillas frescas, duras o muertas.



Fig. 5: Vista de la cámara de germinación marca INGELAB, utilizada en el experimento.



Fig. 6: Rollos de papel retirados de la cámara de germinación después de haber transcurrido los 7 días en la cámara de germinación.

En la evaluación se consideró como **plántulas normales** las siguientes tres categorías: a) plántulas intactas: aquellas que presentaron todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas en proporción y sanas ; b) plántulas con defectos leves: aquellas que mostraron ciertos defectos leves en sus estructuras esenciales, pero además mostraron un desarrollo balanceado y satisfactorio comparable con las plántulas intactas del mismo ensayo y c) plántulas con infección secundaria: aquellas que por su aspecto podrían considerarse como pertenecientes a cualquiera de las categorías anteriores pero estaban afectadas por hongos o bacterias procedentes de otros cariopsis (ISTA, 2012) (Fig. 7).



Fig. 7: Plántulas normales de cebada obtenidas en el recuento de plántulas.

Por otro lado, se consideraron **plántulas anormales** a aquellas que no mostraron el potencial para producir una plántula normal aun cuando crecieron en condiciones favorables. Se calificaron como anormales las tres categorías siguientes: a) plántulas dañadas: aquellas con alguna de sus estructura esenciales perdidas o seria e irreparablemente dañadas de manera que no pudo esperarse un desarrollo balanceado; b) plántulas deformadas o desbalanceadas: aquellas que mostraron débil desarrollo, disturbio fisiológico, estructuras esenciales deformadas o fuera de proporción y c) plántulas podridas: con alguna o todas sus estructuras esenciales podridas o deterioradas por una infección primaria producida por el propio cariopsis (ISTA, 2012). Se clasificaron como **duras** a aquellas semillas que no embebieron agua durante el periodo de la prueba y permanecieron duras como al inicio del ensayo en el momento de la siembra. Las semillas **frescas** son aquellas semillas que fueron capaces de

embeber agua y se hincharon pero no continuaron el proceso de germinación, se mantuvieron hidratadas y firmes al tacto.

Se clasificaron como **semillas no germinadas**: aquellos cariopsis que no mostraron ninguna evidencia de germinación al final del período de la prueba y se consideraron como semillas muertas. Si bien estas semillas se hidrataron y se hincharon luego no continuaron con el proceso de germinación y se pudrieron, esto se constató al tacto ya que presentaron una consistencia blanda o flácida y con olor característico a descompuesto.

El resultado de la Prueba de germinación estándar se expresó como promedio de las cuatro repeticiones y en Porcentaje de plántulas normales respecto al total de semillas/cariopsis sembrados. Para corroborar la precisión de los resultados, se empleó la tabla de Tolerancia 5B de las Reglas ISTA, que permitió evaluar si las diferencias entre las repeticiones fueron debidas al azar o no (ISTA, 2012). Cuando las diferencias entre las repeticiones de una misma muestra de cebada superó el valor de tolerancia de la tabla se repitió el análisis.

3- PRUEBA DE PRIMER CONTEO

La Prueba de primer conteo (PC) es una prueba sencilla, rápida y de fácil ejecución. Además, permite obtener un resultado de vigor del lote sin someter las semillas a ningún tipo de estrés. Esta prueba se condujo de manera simultánea a la PGE. Se realizó el recuento de plántulas normales al cabo de cuatro días de estadía en la cámara de germinación a 20 ± 2 °C (ISTA, 2012). Para ello, los rollos, se retiraron de la cámara de germinación, se abrieron con mucho cuidado, se observaron los cariopsis y se contaron las plántulas normales producidas, se cerraron los rollos y se colocaron nuevamente en la cámara de germinación para continuar con la ejecución de la PGE (Fig. 8).



Fig. 8: Apertura de rollos para realizar la Prueba de primer conteo.

4- PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL

Para conducir la Prueba de conductividad eléctrica de semillas individuales (CESI) se utilizó el equipo SAD 9000-S, CONSULTAR, Ingeniería e Informática, Argentina. El equipo consta de una serie de componentes específicos para realizar la medición: a) un cabezal múltiple de medición con 100 pares de electrodos, b) una serie de bandejas multicelda con 100 celdas individuales, c) una bandeja de lavado del cabezal, d) un dosificador múltiple de llenado con 10 picos, e) una bomba que comanda el dosificador múltiple para el llenado de las celdas y la circulación de agua de la bandeja de lavado del cabezal, f) una comunicación a una PC y g) un programa específico de medición y manipuleo de datos. El programa realizó las mediciones de cada celda individual de la bandeja, registró los valores, los archivó automáticamente, realizó cálculos y obtuvo los resultados en 5 minutos. Brindó informes por pantalla e impresos y expresó los resultados en conductividad eléctrica de cada cariopsis en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$; conductividad media del lote en promedio de los 100 cariopsis en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ o $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$. Además de estos resultados, por medio del uso de Valores de corte (VC), previamente incorporados al equipo para la especie en estudio, se pueden calcular valores de Potencial de germinación y de vigor estimados (Fig. 9 y 10).

El equipo cuenta con la posibilidad de incorporar un valor de corte inferior denominada Cota, que se utilizó para cuantificar las semillas dormidas.



Fig. 9: Equipo SAD 9000-S con todas sus partes constituyentes: bandejas multiceldas; cabezal múltiple de medición; bandeja de lavado; bomba de comando de bandeja lavadora y del cabezal de llenado; mini PC; bidón para agua deionizada, mangueras y cables.

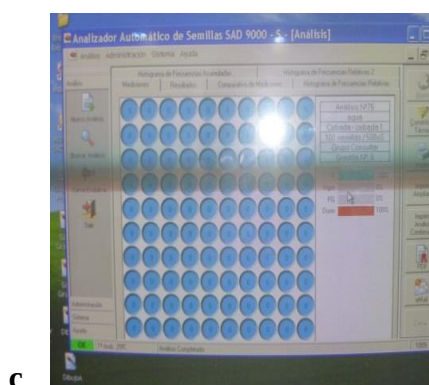
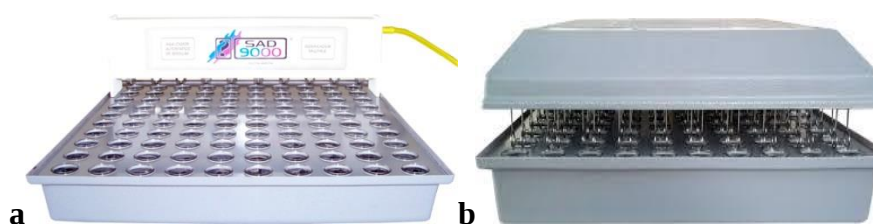


Fig. 10: a) Detalle del llenado de una bandeja de 100 celdas con el cabezal; b) ubicación del cabezal múltiple de medición sobre la bandeja; c) detalle del pantalla con el programa de medición y manipuleo de datos del Equipo SAD 9000-S.

El equipo posee además, un programa llamado Evolución que permite realizar mediciones automáticas de CE de los cariopsis a intervalos establecidos durante un periodo de 48 h.

Para la ejecución de la medición se realizaron cuatro repeticiones de conteos al azar de 100 semillas/cariopsis puras de cada una de las muestras. Las 100 semillas se pesaron en una balanza marca PIONEER, para incorporar este valor al programa y obtener el resultado de la medición en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (Fig. 11).

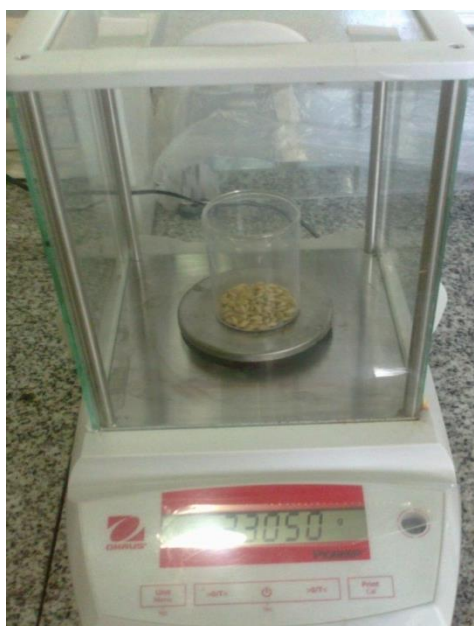


Fig. 11: Balanza de precisión marca PIONEER.

Previamente, cada bandeja de incubación, se lavó con agua corriente y se enjuagó con agua deionizada con una conductividad eléctrica menor a $5 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Se realizó el lavado cuidadoso de las celdas de cada bandeja de incubación con un equipo que distribuye agua a presión, para eliminar todas aquellas partículas que pudieran afectar la futura medición. Luego del lavado, las bandejas se llenaron con agua deionizada por medio del dosificador múltiple, con el agregado de 8 ml de agua deionizada en cada celda. Para cada lote de semillas se utilizó una bandeja de incubación que representa 100 repeticiones de 1 semilla. Se sumergió una semilla en cada celda hasta completar las 100 celdas de la bandeja de incubación. Una vez preparadas las bandejas, se las cubrió con bolsas de polietileno con la finalidad de evitar la evaporación y/o contaminación del agua deionizada. Las bandejas multiceldas se prepararon con un

intervalo de 10 minutos entre cada una para permitir un tiempo suficiente para el manipuleo de las bandejas desde la cámara de incubación hasta el lugar de medición, el lavado del cabezal y la ejecución de la medición propiamente dicha. Las bandejas ya preparadas y tapadas se llevaron a cámara de incubación a una temperatura de 23 ± 2 °C durante un período de $24 \text{ h} \pm 15$ minutos. Finalizado el período de incubación, las bandejas fueron retiradas de la cámara en el mismo orden que ingresaron, y se realizó la medición. Para ello se colocó el cabezal multielectrodo en cada bandeja multicelda y se dio comienzo a la medición a través del comando del programa en la PC. Al finalizar cada medición se retiró el cabezal de la bandeja multicelda y se procedió al lavado por 2 minutos. Para ello se lo sumergió en la bandeja lavadora conteniendo agua deionizada con una CE menor a $5 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. El proceso de lavado se facilitó y aceleró por el sistema de circulación del agua que posee la bandeja de lavado. Este procedimiento se realizó a fin de eliminar partículas que pudieran quedar adheridas a los electrodos, capaces de alterar mediciones posteriores. Los resultados de conductividad eléctrica individual de las semillas se procesaron con el software del analizador automático de semillas.

Se estudió la evolución de la conductividad eléctrica de semillas individuales de cinco muestras de semillas de cebada durante 48 h. En la selección de muestras se tuvo en cuenta el valor de germinación estándar. Cuatro de las muestras exhibieron un alto valor de germinación entre 91-100 % y una muestra un bajo valor, de 69 %. Se utilizó el programa Evolución del equipo SAD 9000-S, el cual realiza y registra mediciones de la CE de semillas a intervalos regulados y programados de 15, 30 o 60 minutos. Estos datos permitieron realizar una curva de lixiviación de electrolitos en el tiempo para cada una de las muestras seleccionadas.

Para la determinación de los valores de corte y cota inferior en la estimación del valor de germinación y de vigor de semillas de cebada cervecera, se utilizaron las 25 muestras de cebada de distinta calidad fisiológica.

Los valores de corte de germinación y vigor estimados se estudiaron mediante un análisis de frecuencias de los valores de conductividad eléctrica de las distintas muestras analizadas con el equipo SAD 9000-S. Los valores de corte seleccionados para la especie serán aquellos que logren la mayor frecuencia.

Se realizó una primera medición utilizando valores de corte para germinación de $120 (\mu\text{S}.\text{cm}^{-1})$ y de $100 (\mu\text{S}.\text{cm}^{-1})$ para vigor comúnmente utilizados en otras especies, como soja y maíz. Se registraron los valores de potencial de germinación y vigor estimados utilizando valores de corte crecientes (30, 35, 40, 45 y 50) para germinación y (25, 30, 35, 40 y 45) para vigor. Además, en cada uno de ellos se utilizaron cotas crecientes de 1 a 5.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones. Los valores obtenidos de las distintas pruebas de calidad realizadas se analizaron estadísticamente a través de ANOVA. Se aplicó el test de Tukey para evaluar las diferencias entre las medias y el coeficiente de correlación de Pearson entre CE y PGE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

La Tabla 1 muestra el promedio del Contenido de humedad ordenados de menor a mayor, expresado en porciento de las 25 muestras de cebada cervecera variedad Scarlett utilizadas en el experimento. Se observó que el contenido de humedad de las distintas muestras osciló entre 11 y 14 %. El CH presentó diferencias estadísticamente significativas, siendo la muestra 1 la que presentó mayor CH, mientras que las muestras 18, 19 y 22 presentaron el menor CH y el resto presentaron un comportamiento intermedio.

El CH en lotes de cebada es un valor muy importante para la comercialización ya que está directamente relacionado con las posibilidades de un buen almacenamiento y conservación de los mismos. Las muestras que tienen un CH mayor que el de comercialización pueden tener problemas en la conservación y deberá reducirse el CH por secado antes del ingreso al depósito. A este respecto, los compradores establecen descuentos por el CH presente en el lote y se establecen costos de secado que afectan al margen bruto final del producto. Para la

conservación de la cebada por períodos cortos se mencionan valores de CH de 13 % y para períodos más largos no deberá exceder el 12 % (Arias, 1991). Por otra parte, el límite de CH establecido para la comercialización varía de país a país. Por ejemplo, en Europa el límite de CH es de 15 a 16 %, en Brasil es del 13 % y en Uruguay se acepta hasta un 13,5 % (Arias, 1991). En el caso de Argentina la Norma de calidad para la comercialización de cebada cervecera indica un CH de 12-12,5 % (SENASA, 2013). Para valores inferiores al 12 % se bonifica a razón de 1,2 % por cada por ciento o fracción proporcional y para mercadería que exceda el 12,5 % se aplica una merma (SENASA, 2013).

Tabla 1. Contenido de humedad (%) de las 25 muestras de cebada var. Scarlett ordenados de menor a mayor.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	CONTENIDO HUMEDAD (%)	
18	11,9	a *
19	11,9	a
22	11,9	a
17	12,1	ab
16	12,2	ab
21	12,2	ab
24	12,2	ab
25	12,2	ab
6	12,3	abc
20	12,5	bc
23	12,5	bc
13	12,6	bc
14	12,8	cd
5	13,2	de
9	13,2	de
8	13,3	de
3	13,6	ef
7	13,6	ef
15	13,6	ef
12	13,7	ef
2	13,9	fg
10	14	fg
11	14	fg
4	14,1	fg
1	14,4	g

*Letras minúsculas distintas en la columna muestran diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($\alpha=0,01$).

Los resultados del CH encontrados en el trabajo, se encuentran dentro de los rangos informados por Arias (1991). El 44 % de las muestras analizadas están dentro del límite de CH requerido para la comercialización de la cebada cervecera en Argentina y el 66 % restante requerirían conducir procedimiento de secado.

Por otro lado, Vieira et al (2002) observaron que el contenido inicial de agua de las semillas influye en la interpretación de los resultados de la Prueba de conductividad eléctrica individual. Craviotto et al. (2008) indicaron que un rango entre 11 y 17 % de CH de las semillas no produce alteraciones significativas en la medición de la conductividad. Asimismo, semillas por debajo de 11 % deberían acondicionarse entre papel de toalla húmedo durante 1^a 2 h antes de sumergirlas en el agua de cada celda para dar comienzo a la lixiviación y semillas por encima de 17 % de humedad podrán colocarse entre papel de toalla seco hasta lograr la humedad adecuada.

Los valores de CH de las muestras de cebada cervecera estudiadas se encuentran dentro del rango recomendado para conducir las pruebas de evaluación de calidad sin necesidad de tratamientos especiales en coincidencia con lo informado por Craviotto, et al. (2008).

PRUEBA DE GERMINACION ESTANDAR

La Tabla 2 muestra el promedio de Plántulas normales obtenidos en la PGE, ordenados de menor a mayor, expresado en porciento de las 25 muestras de cebada cervecera variedad Scarlett utilizadas en el experimento.

Se observa que en la PGE se encontraron diferencias significativas entre las distintas muestras. La muestra 5 fue la que obtuvo el menor porcentaje de plántulas normales y difirió significativamente del resto. Las muestras 15, 17, 18, 16, 19, 24, 25 y 23 presentaron los mayores valores y el resto un comportamiento intermedio. Del total de las muestras estudiadas, solo cuatro se ubicaron igual o superando la base de poder germinativo exigido para la comercialización (98 %) y ocho muestras dentro del límite de tolerancia (95 %).

El 48 % de las muestras analizadas se encontraron dentro del mínimo de tolerancia exigido para la comercialización de cebada cervecera y es lo requerido para la obtención de buena calidad de malta.

Tabla 2. Plántulas normales producidas (%) en la Prueba de germinación estándar de las 25 muestras de cebada var. Scarlett, ordenados de menor a mayor.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	PODER GERMINATIVO (%)	
5	43	a *
10	58	ab
3	69	bc
2	73	bcd
1	78	cde
12	80	cdef
22	88	defg
7	88	defg
4	89	efg
11	90	efg
13	90	efg
6	91	efg
8	91	efg
20	95	fg
21	95	fg
9	95	fg
14	95	fg
15	96	g
17	97	g
18	97	g
16	97	g
19	98	g
24	99	g
25	100	g
23	100	g

*Letras minúsculas distintas en la columna muestran diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($\alpha=0,01$).

Una buena cebada cervecera debe tener la mejor calidad posible, desde el punto de vista de la germinación para ser utilizada en la industria. El proceso de germinación se inicia con la hidratación que es un fenómeno puramente físico, luego se produce la protrusión de la raíz que es la evidencia de la germinación. En el malteado la rapidez con que se inicia la germinación es de importancia capital (Arias, 1991). Los cariopsis que no germinan no colaboran en la producción de enzimas necesarias para conducir el proceso de malteado y serán más atacados por los microorganismos durante el proceso, depreciando el producto final

(Arias, 1991). En virtud de estos antecedentes el 52 % de las muestras analizadas no estarían en condiciones de producir malta de calidad.

La cebada recién cosechada no germina en su totalidad debido a la presencia del fenómeno dormancia que demora la germinación. En aquellas regiones en las que no hay problemas de germinación en la espiga, es preferible que las cebadas cerveceras tengan poca dormancia para no demorar demasiado el comienzo del malteo. No obstante ello, siempre se requiere que se conserve algo de dormancia, pues parece ser necesario ya que en años con exceso de lluvia durante la cosecha, puede presentarse germinación en la espiga lo cual es negativo para la fabricación de malta (Arias, 1991).

El brotado precosecha (BPC) se define como la germinación anticipada del grano cuando el mismo se encuentra todavía en la planta madre. Este fenómeno ha sido descripto para cereales como el trigo, el sorgo y la cebada, y se presenta con particular asiduidad en áreas de cultivo donde la cosecha del cereal coincide con períodos de lluvias o alta humedad ambiental. El BPC origina cuantiosas pérdidas económicas ya que el mismo conduce a i) la pérdida de viabilidad de las semillas producidas como resultado de la desecación subsecuente, cuando el proceso de germinación ha avanzado más allá del “punto de no retorno” que es cuando la semilla pierde la resistencia a la desecación, ii) la hidrólisis del almidón en el endosperma, lo que resulta, no solamente en una disminución del peso del grano (y por lo tanto del rendimiento), sino también en la creación de un ambiente favorable para el ataque de hongos saprófitos, y iii) un acortamiento significativo en la longevidad de las semillas como resultado de la desecación subsecuente, cuando el proceso de germinación no ha avanzado más allá del “punto de no retorno” (Benech Arnold, 2004).

PRUEBA DE PRIMER CONTEO

En la Tabla 3 se muestra el porcentaje de plántulas normales producidas en la evaluación de vigor a través de la Prueba de primer conteo para las 25 muestras de cebada en estudio. Los porcentajes de plántulas normales obtenidos presentaron diferencias significativas entre sí. La muestra 5 presentó el menor porcentaje de plántulas normales, mientras que las muestras 24, 25 y 23 presentaron los mayores porcentajes y el resto un comportamiento intermedio.

El PC, es una prueba rápida dentro de la PGE que permitió conocer la velocidad de germinación de un lote de semilla, es además una prueba de vigor sin estrés que nos brindó

datos adicionales de la calidad del lote. Este es un valor importante en la industria de la maltería, ya que los granos con una rápida capacidad de germinación serán los primeros en comenzar a producir malta (Arias, 1991). El 44 % de las muestras de cebada analizadas se encontró dentro del límite de tolerancia exigido. Existe una diferencia entre la determinación de calidad de las muestras entre las pruebas de Primer conteo y germinación que se basa fundamentalmente en la duración de las mismas. En la PGE el recuento se hizo a los siete días de incubación en cámara de germinación, dándole de esta manera más tiempo a las semillas/cariopsis para germinar y producir plántulas. No obstante, la rapidez de la ejecución de resultados de la prueba de PC resultó una herramienta valiosa para clasificar los lotes de mayor calidad para malteado en coincidencia con lo informado por Arias (1991).

Tabla 3. Plántulas normales producidas (%) en la Prueba de primer conteo de las 25 muestras de cebada var. Scarlett, ordenados de menor a mayor.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	PLANTULAS NORMALES (%)	
5	43	a *
10	57	b
2	58	b
3	69	bc
1	78	cd
12	86	de
4	88	def
6	88	def
7	88	def
22	88	def
11	89	def
13	90	def
8	91	def
20	94	ef
9	95	ef
14	95	ef
21	95	ef
15	96	ef
18	96	ef
16	97	ef
17	97	ef
19	98	ef
24	99	f
25	99	f
23	100	f

*Letras minúsculas distintas en la columna muestran diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($\alpha=0,01$).

PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

EVOLUCION

En la Fig. 12 se muestran los valores de la lixiviación de electrolitos de cinco muestras de cebada de la variedad Scarlett seleccionadas, expresados en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el transcurso de 48 h. Se observó que las muestras 6 y 17 mostraron una rápida liberación de electrolitos en el transcurso de las primeras tres horas, luego hasta las 30 h mostraron un menor incremento en la liberación y finalmente se observó una estabilización hacia las 48 h. Las muestras 3 y 20 mostraron una menor lixiviación de electrolitos con respecto a las anteriores, también se observó un cambio en la pendiente de las curvas de lixiviación a las 3 h, las mismas continúan aumentando lentamente hasta las 48 h. La muestra 23 presentó un comportamiento intermedio, se observó un incremento de lixiviación hasta las 3 h y luego continuó aumentando lentamente hasta las 48 h.

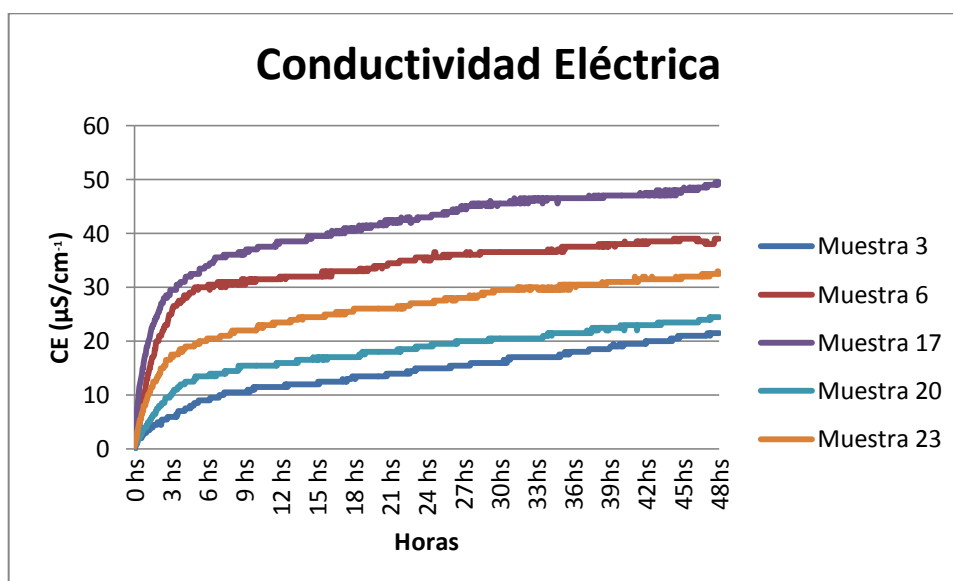


Fig. 12: Evolución de la lixiviación de electrolitos de cinco muestras de cebada de la variedad Scarlett expresado en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ evaluado durante 48 h medido con el equipo SAD 9000-S.

La evolución de la CE del líquido de imbibición de cinco muestras de cebada Scarlett durante 48 h de medición mostró el perfil característico: con un incremento rápido al inicio y

constante con posterioridad. Las cinco muestras mantuvieron su perfil de incremento de la CE en el transcurso de las 48 h, a partir de las 3 h de lixiviación las muestras analizadas tendieron a una estabilización y se podrían diferenciar entre ellas.

Si bien en la bibliografía (Hampton y Tekrony, 1995; AOSA, 2002) en la metodología de la técnica de la Prueba de CE y la CESI se recomienda realizar la medición a las 24 h, nuestros resultados muestran que se podría adelantar la misma. Estos resultados coinciden con lo informado por Coimbra et al. (2009) quienes trabajando con semillas de maíz dulce informaron que el test de CE conducido por 6, 8 y 24 h fue eficiente para diferenciar el vigor en lotes de semillas de maíz. Por su parte, Espasandin (2010) trabajando en semillas de cebada cervecera observo también que hubo un incremento de la CE a períodos crecientes de horas de la imbibición y concluyó que 14 h sería un tiempo suficiente para la lectura de la conductividad.

La posibilidad de realizar la medición de la CESI en periodos más cortos permite adelantar los resultados y acelerar la toma de decisiones con respecto al destino de los lotes de cebada.

PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL

Para estimar el Potencial de germinación y vigor de un lote de cebada expresado en términos de por ciento de germinación y vigor y no en las unidades características de la CE es decir $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ o $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, se establecieron valores de tolerancia denominados valores de corte (Anderson et al. citado por Gallo, 2008). La utilización de los valores de corte (VC) para germinación y vigor permite una interpretación más sencilla de los resultados obtenidos de la prueba y relacionarlos con los de PGE y PC. Estos valores permiten diferenciar, según la conductividad eléctrica, a aquellas semillas que están en condiciones fisiológicas saludables de las que no lo están.

En la Tabla 4 se muestran los Valores Potenciales de germinación y vigor de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett obtenido por el equipo SAD 9000-S, utilizando como VC para germinación $120 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ y como VC para vigor $100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ y los valores de plántulas normales obtenidos en la PGE y PC expresado en por ciento.

Tabla 4. Valores de Potencial de germinación y vigor de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett obtenido por el equipo SAD 9000-S utilizando $120 \mu\text{S.cm}^{-1}$ como valor de corte para germinación y $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ como valor de corte para vigor y valores de la Prueba de germinación estándar (%) y Primer conteo (%).

COTA INFERIOR $10 (\mu\text{S.cm}^{-1})$				
MUESTRA		VALOR DE CORTE $120 \mu\text{S.cm}^{-1}$		VALOR DE CORTE $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$
	PGE (%)	POTECNICAL DE GERMINACION	PC (%)	POTENCIAL DE VIGOR
1	78	72	78	72
2	73	67	58	67
3	69	64	69	64
4	89	94	88	94
5	43	57	43	57
6	91	99	88	99
7	88	79	88	79
8	91	77	91	77
9	95	94	95	94
10	58	56	57	56
11	90	61	89	61
12	80	46	86	46
13	90	8	90	8
14	95	21	95	21
15	96	21	96	21
16	97	84	97	84
17	97	87	97	87
18	97	67	96	67
19	98	89	98	89
20	95	90	94	90
21	95	88	95	88
22	88	86	88	86
23	100	96	100	96
24	99	95	99	95
25	100	89	99	89

La Tabla 5 muestra los coeficientes de Correlación de Pearson y la significancia entre los valores de la PGE y PC con los valores de Potencial de germinación y vigor estimados por el

equipo SAD 9000-S, utilizando como VC para germinación $120 \mu\text{S.cm}^{-1}$, como VC para vigor $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y cota inferior $10 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota de $10 \mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte $120 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para poder germinativo y $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.

	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PGE	120	25	0,27	0,1912
PC	100	25	0,23	0,2604

Se observó una correlación de 0,27 y 0,23 y no significativa entre los valores de plántulas normales obtenidos en la PGE y PC tradicional y los valores estimados por el equipo SAD 9000-S.

No obstante estos resultados, se investigó con el objetivo de lograr VC que permitieran obtener mayor correlación entre los valores de plántulas normales obtenidos en la PGE y PC tradicional y los valores estimados por el equipo SAD 9000-S para la especie en estudio.

En la Tabla 6 se muestran los porcentajes de plántulas normales en la PGE y PC de las 25 muestras de cebada y los valores estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a $25 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de $1 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 6. Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD-9000 S utilizando una cota inferior de $1 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.

COTA INFERIOR 1μS.cm ⁻¹													
MUESTRA		VALORES DE CORTE					MUESTRA		VALORES DE CORTE				
		50	45	40	35	30			45	40	35	30	25
	PGE (%)	POTENCIAL DE GERMINACION (%)						PC (%)	POTENCIAL DE VIGOR (%)				
1	78	100	98	98	96	92	1	78	98	98	96	92	89
2	73	99	98	98	95	90	2	58	98	98	95	90	80
3	69	99	98	98	97	95	3	69	98	98	97	95	88
4	89	99	97	93	89	76	4	88	97	93	89	76	59
5	43	100	100	99	95	90	5	43	100	99	95	90	83
6	91	93	90	87	71	45	6	88	90	87	71	45	23
7	88	99	98	95	87	80	7	88	98	95	87	80	71
8	91	100	99	99	97	95	8	91	99	99	97	95	89
9	95	98	97	95	93	91	9	95	97	95	93	91	70
10	58	98	97	97	95	91	10	57	97	97	95	91	83
11	90	100	100	99	98	96	11	89	100	99	98	96	94
12	80	100	99	99	98	96	12	86	99	99	98	96	96
13	90	98	98	98	98	97	13	90	98	98	98	97	97
14	95	99	98	98	98	97	14	95	98	98	98	97	97
15	96	100	100	100	100	99	15	96	100	100	100	99	97
16	97	100	97	94	86	79	16	97	97	94	86	79	69
17	97	100	99	94	90	79	17	97	99	94	90	79	60
18	97	100	99	99	96	91	18	96	99	99	96	91	82
19	98	96	96	89	77	66	19	98	96	89	77	66	47
20	95	99	96	92	86	71	20	94	96	92	86	71	59
21	95	100	100	95	89	84	21	95	100	95	89	84	75
22	88	100	98	96	91	78	22	88	98	96	91	78	70
23	100	99	99	96	94	91	23	100	99	96	94	91	70
24	99	97	97	94	91	80	24	99	97	94	91	80	68
25	100	100	98	98	90	82	25	99	98	98	90	82	78

En la Tabla 7 se muestran los coeficientes de Correlación de Pearson y la significancia entre los porcentajes de plántulas normales de la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de 1 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 7. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de 1 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.

Germinación	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PGE	50	25	-0,10	0,6419
PGE	45	25	-0,13	0,5346
PGE	40	25	-0,33	0,1086
PGE	35	25	-0,27	0,1846
PGE	30	25	-0,25	0,2369

Vigor	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PC	45	25	-0,08	0,6917
PC	40	25	-0,30	0,1499
PC	35	25	-0,24	0,2548
PC	30	25	-0,20	0,3292
PC	25	25	-0,22	0,2951

Para un valor de cota inferior de 1 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ se observó que la correlación entre valores de PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor estimados por el equipo SAD 9000-S fue negativa y no significativa para todos los VC evaluados.

En la Tabla 8 se muestran los porcentajes de plántulas normales en la PGE y PC de las 25 muestras de cebada y los valores estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC

decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a 25 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de 2 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Tabla 8. Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD-9000 S utilizando una cota inferior de 2 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.

COTA INFERIOR 2 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$													
MUESTRA		VALORES DE CORTE					MUESTRA		VALORES DE CORTE				
		50	45	40	35	30			45	40	35	30	25
	PGE (%)	POTENCIAL DE GERMINACION (%)						PC (%)	POTENCIAL DE VIGOR (%)				
1	78	100	98	98	96	92	1	78	98	98	96	92	89
2	73	96	95	95	92	87	2	58	95	95	92	87	77
3	69	96	95	95	94	92	3	69	95	95	94	92	85
4	89	99	97	93	89	76	4	88	97	93	89	76	59
5	43	96	96	95	91	86	5	43	96	95	91	86	79
6	91	93	90	87	71	45	6	88	90	87	71	45	23
7	88	98	97	94	86	79	7	88	97	94	86	79	70
8	91	100	99	99	97	95	8	91	99	99	97	95	89
9	95	98	97	95	93	91	9	95	97	95	93	91	70
10	58	93	92	92	90	86	10	57	92	92	90	86	78
11	90	100	100	99	98	96	11	89	100	99	98	96	94
12	80	100	99	99	98	96	12	86	99	99	98	96	96
13	90	91	91	91	91	90	13	90	91	91	91	90	90
14	95	97	96	96	96	95	14	95	96	96	96	95	95
15	96	94	94	94	94	93	15	96	94	94	94	93	91
16	97	100	97	94	86	70	16	97	97	94	86	79	69
17	97	100	99	94	90	79	17	97	99	94	90	79	60
18	97	100	99	99	96	91	18	96	99	99	96	91	82
19	98	96	96	89	77	66	19	98	96	89	77	66	47
20	95	97	94	90	84	69	20	94	94	90	84	69	57
21	95	100	100	95	89	84	21	95	100	95	89	84	75
22	88	100	98	96	91	78	22	88	98	96	91	78	70
23	100	99	99	96	94	91	23	100	99	96	94	91	70
24	99	97	97	94	91	80	24	99	97	94	91	80	68
25	100	100	98	98	90	82	25	99	98	98	90	82	78

En la Tabla 9 se muestran los coeficientes de Correlación de Pearson y la significancia entre los porcentajes de plántulas normales de la PGE y PC con los valores de Potencial de germinación y vigor estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de 2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 9. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de 2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.

Germinación	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PGE	50	25	0,31	0,1334
PGE	45	25	0,27	0,1946
PGE	40	25	-0,03	0,8954
PGE	35	25	-0,14	0,5022
PGE	30	25	-0,19	0,3601

Vigor	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PC	45	25	0,31	0,1258
PC	40	25	0,01	0,9444
PC	35	25	-0,10	0,6512
PC	30	25	-0,13	0,5437
PC	25	25	-0,17	0,4216

Para un valor de cota inferior de 2 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ se observó que el VC de 50 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ mostró el mayor valor de correlación entre la PGE y el Potencial de germinación estimado por el equipo SAD 9000-S. Por otro lado, para el caso del Potencial de vigor estimado la mayor correlación correspondió al VC de 45 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Aunque en todos los casos las correlaciones fueron no significativas.

En la Tabla 10 se muestran los porcentajes de plántulas normales en la PGE y PC de las 25 muestras de cebada y los valores estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC

decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a 25 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de 3 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Tabla 10. Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD-9000 S utilizando una cota inferior de 3 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.

COTA INFERIOR 3 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$													
MUESTRA		VALORES DE CORTE					MUESTRA		VALORES DE CORTE				
		50	45	40	35	30			45	40	35	30	25
	PGE (%)	POTENCIAL DE GERMINACION (%)						PC (%)	POTENCIAL DE VIGOR (%)				
1	78	100	98	98	96	92	1	78	98	98	96	92	89
2	73	95	94	94	91	86	2	58	94	94	91	86	76
3	69	91	90	90	89	87	3	69	90	90	89	87	80
4	89	99	97	93	89	76	4	88	97	93	89	76	59
5	43	93	93	92	88	83	5	43	93	92	88	83	76
6	91	93	90	87	71	45	6	88	90	87	71	45	23
7	88	98	97	94	86	79	7	88	97	94	86	79	70
8	91	100	99	99	97	95	8	91	99	99	97	95	89
9	95	98	97	95	93	91	9	95	97	95	93	91	70
10	58	87	86	86	84	80	10	57	86	86	84	80	72
11	90	99	98	98	97	95	11	89	99	97	97	95	93
12	80	97	96	96	95	93	12	86	96	96	95	93	93
13	90	82	82	82	82	81	13	90	82	82	82	81	81
14	95	91	90	90	90	89	14	95	90	90	90	89	89
15	96	90	90	90	90	89	15	96	90	90	90	89	87
16	97	100	97	94	86	79	16	97	97	94	86	79	69
17	97	100	99	94	90	79	17	97	99	94	90	79	60
18	97	100	99	99	96	91	18	96	99	99	96	91	82
19	98	96	96	89	77	66	19	98	96	89	77	66	47
20	95	97	94	90	84	69	20	94	94	90	84	69	57
21	95	100	100	95	89	84	21	95	100	95	89	84	75
22	88	100	98	96	91	78	22	88	98	96	91	78	70
23	100	99	99	96	94	91	23	100	99	96	94	91	70
24	99	96	96	93	90	79	24	99	96	93	90	79	67
25	100	100	98	98	90	82	25	99	98	94	90	82	78

En la Tabla 11 se muestran los coeficientes de Correlación de Pearson y la significancia entre los porcentajes de plántulas normales de la PGE y PC con los valores de Potencial de germinación y vigor estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de 3 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 11. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de 3 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.

Germinación	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PGE	50	25	0,38	0,0613 *
PGE	45	25	0,37	0,0663 *
PGE	40	25	0,21	0,3169
PGE	35	25	0,02	0,9358
PGE	30	25	-0,09	0,6522

Vigor	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PC	45	25	0,37	0,0662 *
PC	40	25	0,19	0,3742
PC	35	25	0,04	0,6332
PC	30	25	-0,06	0,7914
PC	25	25	-0,12	0,5535

Para un valor de cota inferior de 3 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ se observó que los VC de 50 y 45 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ mostraron los mayores valores de correlación significativa entre la PGE y el Potencial de germinación estimado por el equipo SAD 9000-S. Por otro lado, para el caso del Potencial de vigor estimado la mayor correlación correspondió al VC de 45 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

En la Tabla 12 se muestran los resultados de la PGE y PC encontrados en el recuento de plántulas normales tradicionales y los estimados con el equipo SAD 9000-S con la utilización de VC decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y de 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de vigor, con una cota inferior (para semillas dormidas) de 4 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 12. Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD-9000 S utilizando una cota inferior de $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.

COTA INFERIOR $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$													
VALORES DE CORTE							VALORES DE CORTE						
MUESTRA		50	45	40	35	30	MUESTRA		45	40	35	30	25
PGE (%)		POTENCIAL DE GERMINACION (%)					PC (%)		POTENCIAL DE VIGOR (%)				
1	78	99	97	97	95	91	1	78	97	97	95	91	88
2	73	91	90	90	87	82	2	58	90	90	87	82	72
3	69	88	87	87	86	84	3	69	87	87	86	84	77
4	89	99	97	93	89	76	4	88	97	93	89	76	59
5	43	87	87	86	82	77	5	43	87	86	82	77	70
6	91	93	90	87	71	45	6	88	90	87	71	45	23
7	88	97	96	93	85	78	7	88	96	93	85	78	69
8	91	99	98	98	96	94	8	91	98	98	96	94	88
9	95	98	97	95	93	91	9	95	97	95	93	91	70
10	58	75	74	74	72	68	10	57	74	74	72	68	60
11	90	97	97	96	95	93	11	89	97	96	95	93	91
12	80	89	88	88	87	85	12	86	88	88	87	85	85
13	90	70	70	70	70	69	13	90	70	70	70	69	69
14	95	77	76	76	76	75	14	95	76	76	76	75	75
15	96	87	87	87	87	86	15	96	87	87	87	86	84
16	97	96	93	90	82	75	16	97	93	90	82	75	65
17	97	100	99	94	90	79	17	97	99	94	90	79	60
18	97	99	98	98	95	90	18	96	98	98	95	90	81
19	98	96	96	89	77	66	19	98	96	89	77	66	47
20	95	97	94	90	84	69	20	94	94	90	84	69	57
21	95	100	100	95	89	84	21	95	100	95	89	84	75
22	88	100	98	96	91	78	22	88	99	96	91	78	70
23	100	99	99	96	94	91	23	100	99	96	94	91	70
24	99	96	96	93	90	79	24	99	96	93	90	79	67
25	100	100	98	98	90	82	25	99	98	98	90	82	78

En la Tabla 13 se muestran los coeficientes de Correlación de Pearson y la significancia entre los porcentajes de plántulas normales de la PGE y PC con los valores de Potencial de germinación y vigor estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a $25 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Tabla13. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de 4 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para vigor.

Germinación	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PGE	50	25	0,43	0,0332 *
PGE	45	25	0,42	0,0342 *
PGE	40	25	0,36	0,0781
PGE	35	25	0,24	0,2411
PGE	30	25	0,07	0,7406

Vigor	Valor de Corte $\mu\text{S.cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PC	45	25	0,40	0,0457 *
PC	40	25	0,34	0,0987
PC	35	25	0,24	0,2428
PC	30	25	0,09	0,6591
PC	25	25	-0,02	0,9117

Para un valor de cota inferior de 4 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ se observó que los VC de 50 y 45 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ mostraron los mayores valores de correlación significativa entre la PGE y el Potencial de germinación estimado por el equipo SAD 9000-S. Por otro lado, para el caso del Potencial de vigor estimado la mayor correlación correspondió al valor de corte de 45 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la PGE y PC encontrados en el recuento de plántulas normales tradicionales y los estimados con el equipo SAD 9000S con la utilización de VC decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y de 45 a 25 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ para Potencial de vigor, con una cota inferior (para semillas dormidas) de 5 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Tabla 14. Porcentaje de plántulas normales en la PGE y de PC de las 25 muestras de cebada de la var. Scarlett y valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD-9000 S utilizando una cota inferior de $5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes.

COTA 5 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$													
MUESTRA		VALORES DE CORTE					MUESTRA		VALORES DE CORTE				
		50	45	40	35	30			45	40	35	30	25
	PGE (%)	POTENCIAL DE GERMINACION (%)						PC (%)	POTENCIAL DE VIGOR (%)				
1	78	97	95	95	93	89	1	78	95	95	93	89	86
2	73	86	85	85	82	77	2	58	85	85	82	77	67
3	69	83	82	82	81	79	3	69	82	82	81	79	72
4	89	99	97	93	89	76	4	88	97	93	89	76	59
5	43	84	84	83	79	74	5	43	84	83	79	74	67
6	91	93	90	87	71	45	6	88	90	87	71	45	23
7	88	95	94	91	83	76	7	88	94	91	83	76	67
8	91	97	96	96	94	92	8	91	96	96	94	92	86
9	95	98	97	95	93	91	9	95	97	95	93	91	70
10	58	69	68	68	66	62	10	57	68	68	66	62	54
11	90	96	96	95	94	92	11	89	96	95	94	92	90
12	80	82	81	81	80	78	12	86	81	81	80	78	78
13	90	52	52	52	52	51	13	90	52	52	52	51	51
14	95	68	67	67	67	66	14	95	67	67	67	66	66
15	96	78	78	78	78	77	15	96	78	78	78	77	75
16	97	96	93	90	82	75	16	97	96	90	82	75	65
17	97	100	99	94	90	79	17	97	99	94	90	79	60
18	97	96	95	95	92	87	18	96	95	95	92	87	78
19	98	96	96	89	77	66	19	98	96	89	77	66	47
20	95	96	93	89	83	68	20	94	93	89	83	68	56
21	95	99	99	94	88	83	21	95	99	94	88	83	74
22	88	100	98	96	91	78	22	88	98	96	91	78	70
23	100	99	99	96	94	91	23	100	99	96	94	91	70
24	99	96	96	93	90	79	24	99	96	93	90	79	67
25	100	99	97	97	89	81	25	99	97	97	89	81	77

En la Tabla 15 se muestran los coeficientes de Correlación de Pearson y la significancia entre los porcentajes de plántulas normales de la PGE y PC con los valores de Potencial de germinación y vigor estimados con el equipo SAD 9000-S con el uso de VC decrecientes de 50 a $30 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación, de 45 a $25 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de vigor y con una cota inferior (para semillas dormidas) de $5 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Tabla 15. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de germinación y vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S empleando una cota inferior de 5 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y valores de corte decrecientes de 50 a 30 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para Potencial de germinación y 45 a 25 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para vigor.

Germinación	Valor de Corte $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PGE	50	25	0,37	0,0711 *
PGE	45	25	0,37	0,0719 *
PGE	40	25	0,32	0,1143
PGE	35	25	0,27	0,1982
PGE	30	25	0,14	0,5061

Vigor	Valor de Corte $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$	N	PEARSON	P-VALOR
PC	45	25	0,35	0,0845
PC	40	25	0,30	0,1405
PC	35	25	0,26	0,2110
PC	30	25	0,15	0,4604
PC	25	25	0,04	0,8664

Para un valor de cota inferior de 5 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ se observó que los VC de 50 y 45 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ mostraron los mayores valores correlación significativa (0,07) entre la PGE y el Potencial de germinación estimado por el equipo SAD 9000-S. Por otro lado, para el caso del Potencial de vigor estimado la mayor correlación correspondió a un valor de corte de 45 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

El valor de correlación entre la PGE y el Potencial de germinación estimado por el equipo SAD 9000-S más alto (0,43) se obtuvo con la cota inferior 4 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para un VC de 50 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Por otro lado, para Vigor el valor de correlación más alto (0,40) también se obtuvo con la cota inferior de 4 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y el VC de 45 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

En la Tabla 16 se muestran los valores de conductividad eléctrica promedio de las 100 celdas expresados en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ y los valores de peso de 100 semillas expresados en gramos de las 25 muestras de cebada de la variedad Scarlett.

Tabla 16. Valores de Peso de 100 semillas (g) y Conductividad eléctrica expresada en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ y $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de las 25 muestras de cebada var. Scarlett, ordenados de menor a mayor y peso de 100.

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	PESO DE 100 SEMILLAS (g)		CE promedio de las 100 celdas ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)		CE promedio de las 100 celdas ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)	
13	3,32	bcde	6,41	a	1,93	a
14	3,30	abcd	8,16	ab	2,47	ab
15	3,33	bcde	8,54	ab	2,56	abc
12	3,31	abcd	10,98	abc	3,32	abcd
11	3,29	abc	12,89	bc	3,92	bcdef
3	3,30	abcd	14,62	cd	4,45	defg
10	2,86	a	14,67	cde	5,13	efgh
5	3,50	bcdef	15,07	cdef	4,27	defg
1	3,54	bcdefg	15,09	cdef	4,26	defg
8	3,67	cdefgh	15,77	cdefg	4,3	cdef
18	4,15	hi	15,82	cdefg	3,81	bcde
2	3,05	ab	16,16	cdefg	5,3	efgh
25	3,72	cdefgh	19,77	defgh	5,31	efgh
21	4,58	i	20,02	defgh	4,37	defg
22	4,00	gh	20,28	efgh	5,07	efgh
7	3,80	defgh	20,33	fgh	5,35	efgh
16	3,98	gh	20,88	gh	5,25	efgh
9	3,48	bcdefg	20,97	gh	6,03	gh
23	4,04	gh	22	h	5,45	efgh
17	3,95	gh	22,23	h	5,63	fgh
20	3,80	efgh	23,04	h	6,06	gh
4	4,15	hi	23,23	h	5,6	fgh
24	4,05	hi	23,7	h	5,85	fgh
19	3,85	fgh	25,37	h	6,59	hi
6	3,85	fgh	31,32	i	8,14	i

*Letras minúsculas distintas en la columna muestran diferencias estadísticamente significativas, Tukey ($\alpha=0,01$).

Los resultados obtenidos mostraron una diferencia de calidad fisiológica significativa entre las muestras de cebada. La muestra 13 presentó el menor valor de CE tanto en su expresión en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ como en su expresión en $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$, difiriendo estadísticamente de todas las demás. La muestra 6 fue la que mostró la mayor lixiviación de electrolitos, difiriendo de las demás. Las muestras restantes presentaron un comportamiento intermedio.

En cuanto al Peso de 100 semillas de cebada, los valores oscilaron entre 2,86 g y 4,58 g. El menor peso de 100 semillas lo presentó la muestra 10 y el mayor la muestra 21, el resto de las muestras presentaron un comportamiento intermedio.

En la tabla 17 se muestra la correlación a través del coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de CE en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ y el porcentaje de plántulas normales obtenidos en la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor estimados por el equipo SAD 9000-S con los VC de 120 y 100 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Tabla 17. Coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de CE en ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) y ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) y los valores de Germinación y Vigor obtenidos mediante la PGE y PC y los valores de Potencial de germinación y vigor estimados por el equipo SAD 9000-S.

	PGE	POTENCIAL DE GERMINACION (SAD 9000-S)	PC	POTENCIAL DE VIGOR (SAD 9000-S)
CE ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	0,31	0,92	0,27	0,92
CE ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)	0,13	0,87	0,06	0,87

Se observó la existencia de una baja correlación entre los valores de plántulas normales obtenidas por las PGE y PC y los valores de CE expresados en tanto $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ como en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$. La mayor correlación se obtuvo con los valores de CE tanto ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$) como en ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) y los valores de germinación y vigor obtenidos por el equipo SAD 9000-S. Esto último es esperable ya que se trata de una estimación realizada por el propio equipo.

En la Fig. 13 se muestra la representación gráfica de la correlación entre los valores de la PGE y CE.

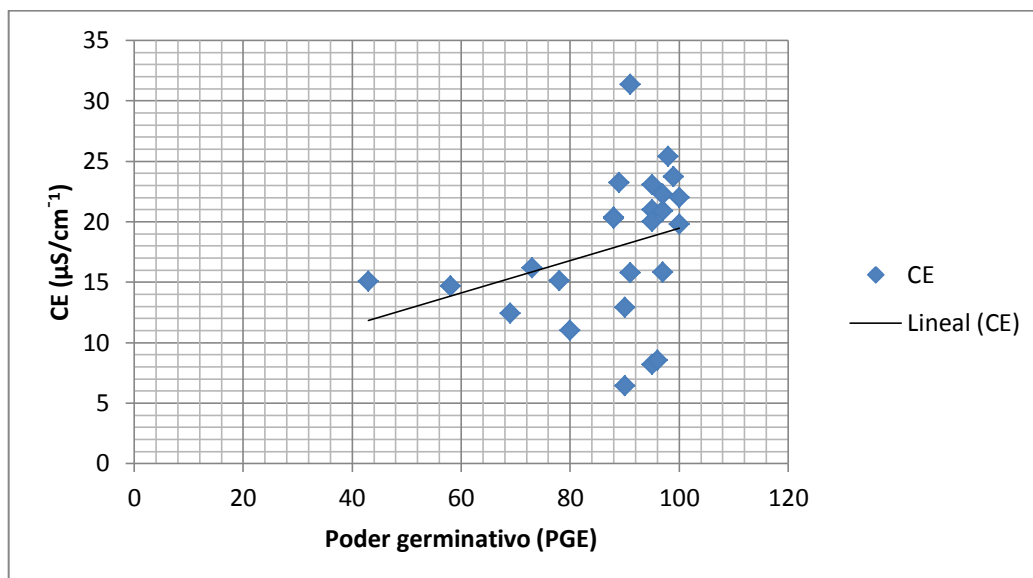


Fig. 13: Correlación entre la PGE (%) y la Conductividad eléctrica individual de semillas en $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Se observó que ambas variables mostraron una correlación positiva, lo cual contradice el principio en que se basa el método que emplea la Conductividad eléctrica como determinante del estado fisiológico de las semillas. Este método considera que un valor alto de conductividad, es decir mayor lixiviación de electrolitos al medio, indica un mayor deterioro en las membranas celulares de la semilla/ cariopsis y por tanto menor calidad de la semilla respecto a un lote con menor valor de conductividad eléctrica.

En la Fig. 14 se muestra la representación gráfica de la correlación entre los valores de Potencial de germinación (%) estimado mediante el equipo SAD 9000-S y la Conductividad eléctrica individual de semillas $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

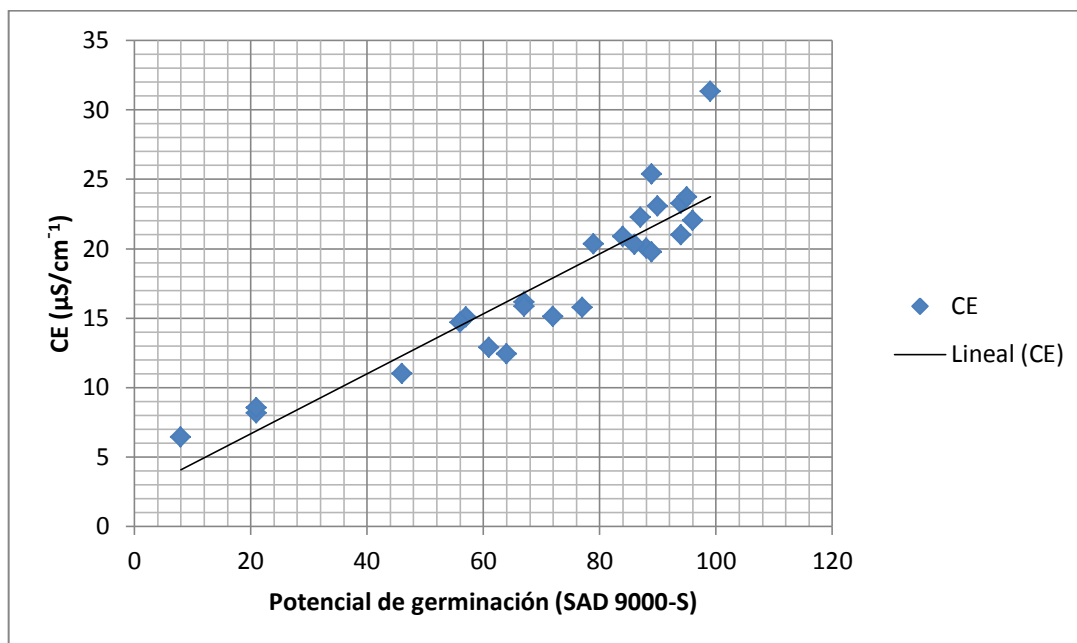


Fig. 14: Correlación entre el Potencial de germinación (%) estimado mediante el equipo SAD 9000-S y la Conductividad eléctrica individual de semillas ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$).

Se observó que ambas variables mostraron una correlación positiva y los puntos mostraron poca dispersión con respecto a la línea de ajuste. Esto último, es esperable ya que el valor de Potencial de germinación se obtiene a través de una estimación interna que realiza el propio equipo con las mediciones de CE y los valores de corte y de cota inferior predeterminada.

Los resultados encontrados en el experimento son contrarios a los indicados por numerosos autores en relación al comportamiento de los valores de CE y la germinación y el vigor en numerosas especies. A este respecto podemos mencionar lo informado por Tajbakhsh (2000) quien observó que semillas de trigo con baja viabilidad y poder germinativo tuvieron mayor conductividad eléctrica en comparación con las semillas altamente viables. Por otro lado, Pesis y Timothy (1983) encontraron que cuando el porcentaje de germinación en semillas de melón disminuyó de 94,4 a 41,6 % la conductividad eléctrica aumentó de 128 a 287 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Además, Abdul-Baki y Anderson (1970) encontraron que las semillas de cebada de mayor edad mostraron una mayor lixiviación de azúcares durante la imbibición junto con una viabilidad reducida y declararon que existe una correlación negativa entre los azúcares lixiviados y la germinación de las semillas. Lo mismo evidenció Fessel et al. (2006) en el cultivo de maíz al observar que la disminución en el vigor de la semilla era directamente

proporcional al aumento de la fuga de iones Ca, Mg y K, lo que confirmó una estrecha relación de integridad de la membrana y la pérdida de vigor.

Estas diferencias observadas entre la bibliografía y nuestros resultados pueden deberse a las características particulares de la variedad de cebada utilizada en el experimento. Además, en el caso de algunos cereales forrajeros como cebada, avena, raigrás y festuca que poseen cariopsis vestidos, la presencia de glumas, lemma y pálea pueden ejercer algún tipo de interferencia a la libre difusión de electrolitos. Por otro lado, como informó Craviotto et al. (2008) los cariopsis pueden llevar partículas adheridas como arena, tierra, aceite, restos orgánicos e inorgánicos, que pueden alterar la medición de la conductividad y ensuciar los electrodos.

Se considera que sería interesante continuar con la investigación realizada y experimentar con un mayor número de variedades distintas de cebada de manera de corroborar o refutar los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

La evolución de la salida de electrolitos al medio de imbibición, en cariopsis de cebada var. Scarlett, medidas en forma continua durante 48 horas muestra el patrón característico lixiviación, con un incremento rápido al principio y más lento pero continuo a lo largo del tiempo.

Con la utilización de una cota inferior de $4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ se logran los mayores valores de correlación para estimar Potencial de germinación y vigor con el equipo SAD 9000-S.

Con un valor de corte de $50 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y una cota inferior de 4 se logra la mayor correlación entre PGE y Potencial germinación estimado por el SAD 9000-S.

Con un valor de corte de $45 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ y una cota inferior de 4 se logra la mayor correlación entre PC y Potencial de vigor estimado por el SAD 9000-S.

La medición de la CESI realizada con el equipo SAD 9000-S en semillas de cebada var. Scarlett muestra una relación directa y positiva entre el PGE y la lixiviación.

Mayores investigaciones con mayor cantidad de variedades de cebada deben ser realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- **ABDUL-BAKI, A.A. y ANDERSON, J.D.** 1970. Viability and Leaching of Sugars from Germinating Barley. *Crop Sci.*, 10: 31-35.
- **ARANGO, M.R. y CRAVIOTTO, R.M.** 2002. Calidad de Semillas de soja. *Revista IDIA XXI Oleaginosas*. Año II. 3:24-28.
- **ARANGO, M.; CRAVIOTTO, R.M. y C. GALLO.** 2013. Calidad de semillas. Informe técnico laboratorio de Semillas EEA Oliveros. 25 pp.
- **ARANGO, M.R.; CRAVIOTTO, R.M.; BICOCA, B. y ANCA, V.** 1996. Evaluación de la Metodología de Conductividad Eléctrica para la Predicción de la Germinación en semilla de Girasol (*Helianthus annuus* L.). XV Seminario Panamericano de Semillas y Workshop sobre Marketing en Semillas y Mudas-Gramado Brasil. Actas del Seminario. p. 50.
- **ARANGO, M.R.; SALINAS, A.R.; CRAVIOTTO, R.M. y YOLDJIAN, A.M.** 2001. "Estimación de la germinación en soja a través de la conductividad eléctrica". XII Congreso Brasileño de Semillas. INFORMATIVO ABRATES. Asociación Brasileña de Tecnología de Semillas. 17 al 20 de setiembre 2001 Curitiba, Paraná. Brasil.
- **ARIAS, G.** 1991. Calidad industrial de la cebada cervecera. Serie Técnica N° 18. INIA. pp55. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807120028.pdf>.
- **ASSOCIATION OFFICIAL SEED ANALYSTS. AOSA.** 2009. Seed Vigor Testing Handbook, Contribution N° 32 to The Handbook On Seed Testing. p. 103.
- **BENECH ARNOLD, R.** 2004. La regulación hormonal de la dormición y el brotado pre cosecha de los cereales. Buenos Aires.
- **BEWLEY, J.D.** 1986. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. In: Mc DONALD JR., M.B. NELSON, C.J (Eds.) *Physiology of seed deterioration*. Madison: CSSA. p. 27-45.
- **BEWLEY, J.D. y BLACK, M.** 1985. *Seeds. Physiology of development and germination*. New York: plenum press. 367 pp.
- **BILIA, D.A.C.** 1992. Comportamento de sementes de milho híbrido precoce e normal durante o armazenamento. Piracicaba: ESALQ/USP, 96 pp.

- **BRADNOCK, W.T y MATTHEWS, S.** 1970. Assessing field emergence potential of wrinkledseeded peas. Hort. Res. 10:50-58.
- **BRAGACHINI, M. y J. PEIRETTI.** 2013. Cebada Cervecera, el 2do. Cultivo de Invierno en Argentina con franca expansión. Comencemos sin pérdidas el camino hacia la industria.
<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/CebadaCerveceraFrancaExpansion.asp>. Accedido el día: 16 de septiembre de 2013.
- <http://caeliacerea.blogspot.com.ar/2015/03/ingredientes-i-la-cebada.html>. La cerveza. Historia de la cerveza en España. 2015.
- http://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Benito/1.%20MORFOLOGIA%20DE%20GAM%20C3%8DNEAS.pdf.
- **CALIARI, M.F. y MARCOS FILHO, J.** 1990. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiologica da sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). Rev. Bras. Sem. Brasília, 12(3): 52-75.
- **CATTÁNEO, M.** 2011. Cebada cervecera. En: Los merados de cebada cervecera en la Argentina y en el mundo. Editores: Miralles Daniel, Benech-Arnold Roberto y Abeledo Gabriela. Editorial: Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. 283 p.
- **CLÉMENT-GRANDCOURT, M y J. PRATS.** 1969. Los Cereales. Ediciones: mundi-prensa. 344 pp.
- **COIMBRA, R.A.; MARTINS, C.C.; TOMAZ, C.A. y NAKAGAWA, J.** 2009. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho –doce (*sh 2*). Ciencia Rural, 39 (9) 2402-2408.
- **CRAVIOTTO, R.M.; ARANGO, M.R.; FARED, M. y RAMOS, H.** 1998. Factores que influyen en la medición de la Conductividad Eléctrica de Semillas Individuales con el Analizador Automático de Semillas SAD 2007. XVI Seminario Panamericano de Semillas- Buenos Aires Argentina. Actas. p. 26.
- **CRAVIOTTO, R.M.; ARANGO, M.R. y FARED, M.** 2008. Análisis de semillas; factores que influyen en la medición de la conductividad eléctrica de 45 semillas individuales con el analizador automático de semillas SAD 2007. Análisis de Semillas. 2(6):68-73.
- **DELOUCHE, J.C. y BASKIN, C.C.** 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. y Technol., Wageningen, 1(2):427-52.

- **ESPASANDIN, I.** 2010. PREDICCIÓN DEL POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS DE CEBADA MEDIANTE LAS METODOLOGÍAS: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL, ENVEJECIMIENTO ACELERADO Y TETRAZOLIO. Universidad de la República. Facultad de agronomía.
- **FESSEL, S.A.; VIEIRA, R.D.; PESSOA DA CRUZ, M.C.; DE PAULA, R.C. y PANOBIANCO, M.** 2006. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 41(10):1551-1559, out. 2006.
- **FICK, G. L. y HIBBARD, R. P.** 1925. A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. *Mich. Acad. Sci. Arts and Letters*, East Lansing 5:95-103.
- **GALLO, C.** 2008. CALIDAD FISIOLÓGICA Y EFECTO DE LA PRESENCIA DE SEMILLAS VERDES DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merr) EN LOTES DESTINADOS A SIMIENTE. 43 pp.
- **HALLOIN, J.M.** 1975. Solute loss from deteriorated cottonseed: relationship between deterioration, seed moisture and solute loss. *Crop Sci.*, Madison 15(1): 11-5.
- **HAMPTON, J.G.** 1992. Vigour testing within laboratories of the Internacional Seed Testing Association: a survey. *Seed Sci. y Technol.*, Zurich, 20(1):199-203.
- **HAMPTON, J.G. y TEKRONY, D.M.** 1995. Handbook of Vigour Test Methods. ISTA Vigour Test Comité. 3er. Edition.
- **HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A. y MATTHEWS, S.** 1984. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of pea and soybean. *Seed Science and Technology*, 12:403-413.
- **HIBBARD, R.P. y MILLER, E.V.** 1928. Biochemical Studies on Seed Viability. I. Measurements of Conductance and Reduction. *Plant Physiology*. 3:335-352.
- **HOPPER, N. W. y HINTON, H. R.** 1987. Electrical conductivity as a measure of planting seed quality in cotton. *Agron. J. Madison*, 79(1): 147-52.
- **INASE. Instituto Nacional de Semillas.** 2013. Protocolos de trabajo para Laboratorios Acreditados. Comunicación institucional. www.inase.com.ar

- **INFOCAMPO.** 2015. En la actual coyuntura es más negocio exportar cebada cervecera que malta. <http://infocampo.com.ar/nota/campo/65895/en-la-actual-coyuntura-es-mas-negocio-exportar-cebada-cervecera-que-malta>.
- **ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.** 2003. Manual de Evaluación de Plántulas. International rules for seed testing. Edition 2003. 300 pp.
- **ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.** REGLAS. 2012. Zurichstr. 50. CH-8303 Bassersdorf, Switerland. 270 pp.
- **ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.** 2015. International Rules for Seed Testing. Zurich. 276 pp.
- **MARCOS FILHO, J.; AMORIN, H.V; SILVAROLLA, M.B. y PESCARIN, H.M.C.** 1982. Relações entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2, Brasilia, 1981. Anai. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1: 676-88.
- **MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C.; y CHAMMA, H.M.C.P.** 1990. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. Pesq. Agropec. Bras., Brasilia, 25(12):1805-15.
- **MATTHEWS, S. y BRADNOCK, W.T.** 1967. The Detection of Seed Sample of Wrinkled-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of Potentially Low Planting Value. Proceedings of the International Seed Testing Association. 32:553-563.
- **MATTHEWS, S. y CARVER, M. F. F.** 1971. Further studies on rapid seed exudate test indicative of potential field emergence. Proc. Int. Seed test. Assoc., Wageningen, 36(2):307-12.
- **NASCIMENTO, W. M y CICERO, S.M.** 1991. Qualidade de sementes de ervilha tratadas com fungicida. II. Qualidade fisiológica. Rev. Bras. Sem. Brasilia, 13(1):13-9.
- **PERETTI, A.** 1994. Manual para el análisis de semillas. Buenos Aires, Hemisferio Sur. p. 73-222.
- **PESIS, E. y TIMOTHY, J.N.** 1983. Viability, Vigour, and Electrolytic Leakage of Muskmelon Seeds Subjected to Accelerated Aging. Hort. Science., 18: 242-244. Citado en: Relationships between Electrical Conductivity of Imbibed Seeds Leachate and Subsequent Seedling Growth (Viabiliy and Vigour) in Omid Wheat.

- **POWELL, A. A.** 1988. Seed vigour and field establishment. *Advances in Research and Technology of Seed*, 11:29-61.
- **POWELL, A. A.** 1995. The controlled deterioration test. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 24, Copenhagen. Seed vigour testing: contributions to a seminar. Zurich: International Seed Testing Association, p. 73-87.
- **PRESLEY, J.T.** 1958. Relation of protoplast permeability to cotton seed viability and predisposition to seedling disease. *Plant Dis. Rept.*, St. Paul. 42(7): 852.
- **SALINAS, A.R.; YOLDJIAN, A.M.; CRAVIOTTO, R.M. y BISARO, V.** 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. (en línea). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36(2):1-7.
- **SAGPyA.** 2009. Página web de la secretaria de agricultura, ganadería, pesca y alimentos de la nación. [www.sagpya.mecon.gov.ar /informes por cultivos/cebada cervecera](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/informes_por_cultivos/cebada_cervecera).
- **SENASA.** 2013. Norma de calidad para la comercialización de cebada cervecera. NORMA V- Anexo A- Resolución SENASA 27/2013. http://www.cabcbue.com.ar/camara/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=39&Itemid=.
- **SIMON, E.W. y RAJA HARUN, R.M.** 1972. Leakage during seeds imbibition. *J. Exp. Bot.*, Oxford, 23(77):1076-85.
- **SORENSEN, A.; BRASK LAURIDSEN, E. y THOMSEN, K.** 1996. Electrical Conductivity Test. Technical Note N° 45. Danida Forest Seed Centre. DK-3050 Humlebaek. Denmark. 19 pp.
- **STEERE, W.C.; LEVENGOOD, W.C. y BONDIE, J.M.** 1981. An Electronic Analyzer for Evaluating Seed Germination and Vigour. *Seed Science and Technology*, 9:567-576.
- **TAJBAKHSH, M.** 2000. Relationships between Electrical Conductivity of Imbibed Seeds Leachate and Subsequent Seedling Growth (Viability and Vigour) in Omid Wheat. 2: 67-71.
- **TAO, J. K.** 1978. The 1978 referee test for soybean and corn. *AOSA Newsletter*, Springfield, 32(4):43-66.
- **TAO, J. K.** 1980. The 1980 referee test for soybean and corn. *AOSA Newsletter*, Springfield, 34(3):53-68.

- **TOMASO, J.C.** 2004. Cebada cervecera en la Argentina. Revista IDIA XXI. 4(6): 210-216. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210288.pdf>.
- **VIEIRA, R.D; MINHOHARA, L.; CARVALHO, N.M. y BERGAMASCHI, M.C.M.** 1995. Relationship of black layer and milk line development to maize seed maturity. Scientia Agricola, Piracicaba, 52(1):142-7.
- **VIEIRA, R.D; MINHOHARA, L.; PANOBIANCO, M; BERGAMASCHI, M.C.M. y MAURO, A.O.** 1998. Comportamento de cultivares de soja quanto a qualidade fisiológica de sementes. Pesq. Agropec. Bras., Brasilia, v. 33.
- **VIEIRA, R.D. y KRZYZANOWSKI, F.C.** 1999. Teste de Condutividade Elétrica. In: Vigor de Sementes: conceitos e testes. (Ed.) KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. Londrina: ABRATES. Cap. 4, p. 1-20.
- **VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D. y PANOBIANCO, M.** 2002. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. Pesq. agropec. bras., Brasília, 37(9):1333-1338.