

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Departamento Académico de Ciencias Agrarias**



**“ENSAYOS DE VIABILIDAD Y PRUEBAS DE VIGOR EN  
SOYA (*Glycine max* L.) Y SU CORRELACIÓN CON LA  
EMERGENCIA EN CAMPO”**

**TESIS**

Para optar el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MARCO LUIS FLORIÁN RIOJA**

**PROMOCIÓN 2006 - I**

**TINGO MARÍA - PERÚ**

**2008**

F03

F65

Florián Rioja, Marco L.

Ensayos de Viabilidad y Pruebas de Vigor en Soya (*Glycine max L.*) y su Correlación con la Emergencia en Campo. Tingo María, 2009

87 h.; 14 cuadros; 6 fgrs.; 21 ref.; 30 cm.

Tesis ( Ingeniero Agrónomo ) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María ( Perú ). Facultad de Agronomía.

GLYCINE MAX L. / GERMINACIÓN / VIABILIDAD / EMERGENCIA  
/ PRUEBA-FRIO / VIGOR / METODOLOGÍA / SOYA / TINGO  
MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE AGRONOMIA



### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

BACHILLER : MARCO L. FLORIAN RIOJA

TITULO DE LA TESIS : "ENSAYOS DE VIABILIDAD Y PRUEBAS DE VIGOR EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max. L.*) Y SU CORRELACION CON LA EMERGENCIA EN CAMPO".

JURADO CALIFICADOR :

    Presidente : ING. M.Sc. CARLOS CARBAJAL TORIBIO

    Vocal : ING. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA

    Vocal : ING. JAIME CHAVEZ MATIAS

    Asesor : ING. LUIS GARCIA CARRION

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 10 DE AGOSTO DEL 2007

HORA DE SUSTENTACIÓN : 4:00 P.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE GRADOS

CALIFICATIVO : BUENO

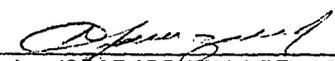
RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES AL ACTA : EN HOJA ADJUNTA

Tingo Maria 13 de Agosto del 2007

  
Ing. M.Sc. CARLOS CARBAJAL TORIBIO  
PRESIDENTE



  
Ing. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA  
VOCAL

  
Ing. JAIME CHAVEZ MATIAS  
VOCAL

  
ING. LUIS GARCIA CARRION  
ASESOR

## DEDICATORIA

A mis padres: Eduardo e Isabel.

A mis hermanos, Elva, Darío y  
Mari, con todo el amor del  
mundo.

## INDICE GENERAL

|  | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCION .....                                | 10   |
| II. REVISION DE LITERATURA.....                      | 12   |
| 2.1. Generalidades .....                             | 12   |
| 2.2. Concepto y estructura de la semilla.....        | 13   |
| 2.3. Viabilidad y vigor de la semilla.....           | 14   |
| 2.3.1. Viabilidad de la semilla.....                 | 14   |
| 2.3.2. Germinación de la semilla.....                | 14   |
| 2.3.3. Pruebas de viabilidad y vigor .....           | 15   |
| 2.3.4. Vigor de la semilla.....                      | 19   |
| III. MATERIALES Y METODOS .....                      | 26   |
| 3.1. Campo experimental.....                         | 26   |
| 3.1.1. Ubicación .....                               | 26   |
| 3.2. Material genético .....                         | 26   |
| 3.3. Materiales y métodos.....                       | 26   |
| 3.3.1 Materiales y equipo.....                       | 26   |
| 3.3.2. Metodología .....                             | 28   |
| 3.4. Componentes en estudio.....                     | 34   |
| 3.5. Tratamientos en estudio .....                   | 35   |
| 3.6. Análisis estadístico .....                      | 35   |
| 3.6.1. Modelo aditivo lineal.....                    | 35   |
| 3.6.2. Esquema del análisis de variancia (ANVA)..... | 36   |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.6.3. | Coeficiente de correlación.....                           | 37 |
| 3.7.   | Observaciones registradas.....                            | 38 |
| 3.8.   | Determinación de las observaciones a registrar.....       | 39 |
| 3.8.1. | Para la prueba de germinación en rollos.....              | 39 |
| 3.8.2. | Para la prueba de tetrazolio.....                         | 46 |
| 3.8.3  | Para la prueba de frío.....                               | 49 |
| IV.    | RESULTADOS Y DISCUSION.....                               | 51 |
| 4.1.   | Pruebas de laboratorio.....                               | 59 |
| 4.1.1. | De la prueba de germinación en rollos.....                | 59 |
| 4.1.2. | De la prueba topográfica por tetrazolio.....              | 63 |
| 4.1.3. | De la prueba de frío.....                                 | 66 |
| 4.2    | De la emergencia en campo bajo cubierta.....              | 70 |
| 4.3.   | Correlación entre las pruebas de laboratorio y campo..... | 74 |
| V.     | CONCLUSIONES.....   | 78 |
| VI.    | RECOMENDACIONES.....                                      | 80 |
| VII.   | RESUMEN.....  | 81 |
| VIII.  | BIBLIOGRAFIA.....   | 83 |
| IX.    | ANEXO.....  | 87 |

## INDICE DE CUADROS

| <b>Cuadro</b>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 1. Descripción de los tratamientos .....  | 35          |
| 2. Fuentes de variación y grados de libertad del análisis de variancia .....  | 36          |
| 3. Cuadrados medios y significación de las variables en estudio, número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales .....   | 53          |
| 4. Comparación de medias para los estados de semilla con respecto al número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales (Duncan, $\alpha= 0.05$ ) .....                                       | 55          |
| 5. Comparación de medias para las pruebas de viabilidad y vigor con respecto al número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales. Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) .....                           | 57          |
| 6. Promedio del número de plántulas normales (NPN) y número total de semillas germinadas (NTSG) según la prueba de germinación en rollos ..   | 60          |
| 7. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del número de plántulas normales (PN) y total germinadas (TG) según la prueba de germinación en rollos .....  | 62          |
| 8. Promedio del número de semillas viables (NSVb), número de semillas vigorosas (NSVg) y número de plántulas normales (NPN) según la prueba por tetrazolio .....  | 63          |
| 9. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del número de semillas viables (NSVb), número de semillas vigorosas (NSVg) y número de plántulas normales (NPN) según la prueba de tetrazolio ..... | 66          |

|  |    |
|--|----|
| 10. Promedios del número de plántulas normales (NPN), total de plántulas emergidas (TPE) y número de plántulas vigorosas (NPVg) y la velocidad de emergencia (VE), según la prueba de frío .....                       | 67 |
| 11. Promedio, mediana, desviación estándar y del coeficiente de variación del numero de plántulas normales (NPN), total de plántulas emergidas (TPE) y número de plántulas vigorosas (NPVg) según al prueba de frío... | 69 |
| 12. Promedios del número de plántulas normales (NPN), total de plántulas emergentes (TPE) y velocidad de emergencia (VE) según la emergencia en campo bajo cubierta.....   | 71 |
| 13. Promedio, desviación estándar y del coeficiente de variación del número de plántulas normales (NPN) y total de plántulas emergentes (TPE) según la emergencia en campo.....  | 74 |
| 14. Coeficientes de correlación entre las pruebas de laboratorio y la emergencia en campo (EC) .....   | 75 |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b> |  | <b>Pág.</b> |
|---------------|--|-------------|
| 1.            | Patrones de viabilidad y vigor para la prueba toográfica por tetrazolio en<br>soya ..... | 47          |
| 2.            | Semillas de soya viales sin defectos.....  | 98          |
| 3.            | Semillas de soyas viables con defectos leves.. ..  | 98          |
| 4.            | Semillas de soya viables con defectos moderados.....                                     | 98          |
| 5.            | Semillas de soya viables con defectos severos .....                                      | 99          |
| 6.            | Semillas de soya no viables.....   | 99          |

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Facultad de Agronomía, fuente de estudio y trabajo.
- Al Ing. Agr. Luís García Carrión, quien tomó la responsabilidad de patrocinar mi tesis.
- Al Ing. Agr. M. Sc. David Guarda Sotelo, quien tomó la responsabilidad de co-asesor en mi tesis.
- Al Ing. Agr. Walter Panduro Calderón, por su innegable colaboración durante el desarrollo de mi tesis.
- A todos aquellos que me apoyaron de manera directa e indirectamente y destinaron un poco de su tiempo para ayudarme en el montaje y evaluación de las distintas pruebas: José Murrugarra Florián, Juan Vela Mori, Alejo Verde, Bettina Ríos Abanto, Rómulo Díaz Cerón, Erika Portocarrero Lumbe, Javier Villacorta Venturo, Álvaro Cárdenas Morales, Luís Campos Leandro y Eliseo Isla Marquillo.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años el mercado de semillas ha sufrido grandes cambios debido, por una parte, al aumento en el volumen transado internacionalmente y, por otra, al incremento en el precio de las distintas variedades de cultivos, a causa de la mayor tecnificación de su mejoramiento y producción. Esto se ha traducido en una mayor exigencia de calidad por parte de los consumidores, los que buscan obtener de cada semilla una planta, en un amplio rango de condiciones, con la mayor rapidez y uniformidad posible.

La soya (*Glycine max* L.), por su parte, es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, pero presenta serios problemas de calidad de sus semillas. Las causas de éstos pueden deberse a la constitución genética de ellas, las condiciones ambientales que hubo durante su período de desarrollo en la planta madre, las características del almacenamiento, etc. Todo esto se podría llevar a importantes diferencias de vigor entre lotes de semillas, e incluso dentro de un mismo lote en la medida que este envejece.

Las pruebas de viabilidad han sido ampliamente utilizadas en la evaluación de la calidad de la semilla. La calidad de la semilla esta determinada por una serie de aspectos que afectan su desempeño en el campo; entre los más importantes están: la pureza física y genética, contenido de humedad, presencia de patógenos, la germinación y el vigor.

Ciertos lotes de semillas que presentan porcentajes de germinación elevados y similares pueden presentar comportamientos diferenciados cuando son sembrados bajo condiciones idénticas de campo; en este caso, es necesario evaluar el vigor. El deterioro de la calidad de un lote de semilla se manifiesta por la disminución del vigor, seguido por una reducción en la germinación y terminando con la muerte de la misma. Por esta razón es muy importante que la industria semillera, produzca semillas de calidad que muestre un alto vigor.

Por su parte, las pruebas de vigor reflejan la influencia de los factores adversos que enfrentan las semillas en campo. Las evaluaciones de estas pruebas darán a conocer cuál mostrara mayor similitud o correlacionará mejor a nivel de campo apoyada por las pruebas de viabilidad.

Considerando que estas pruebas no son de uso común o no se realizan en el país, fue el motivo para la realización de éstas pruebas a nivel de laboratorio, buscando la que mejor se correlacione a nivel de campo. En base a esto se planteo los siguientes objetivos

- Determinar la respuesta fisiológica de las semillas de soya mediante ensayos de viabilidad y pruebas de vigor y su correlación con la emergencia en campo.
- Determinar la mejor prueba que pueda ser utilizada en campo, requiriendo un mínimo de equipamiento técnico sofisticado que permita ser adaptado a las condiciones de la zona.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades

La soja o soya (*Glycine max*) es una planta de la familia de las leguminosas fabáceas, cultivada por sus semillas, legumbres de alto valor proteico utilizadas en alimentación y para la producción de aceite. Esta planta, es originaria de China, no obstante, se comercializa en todo el mundo, debido a sus múltiples usos.

Es usada para una infinidad de productos que pueden reemplazar a otros de origen animal. Su clasificación sistemática es la siguiente:

|                   |   |  |
|-------------------|---|--|
| <b>Reino</b>      | : | Plantae                                  |
| <b>Filo</b>       | : | Magnoliophyta                            |
| <b>Clase</b>      | : | Magnoliopsida                            |
| <b>Orden</b>      | : | Fabales                                  |
| <b>Familia</b>    | : | Fabaceae                                 |
| <b>Subfamilia</b> | : | Faboideae                                |
| <b>Género</b>     | : | <i>Glycine</i>                           |
| <b>Especie</b>    | : | <i>Glycine max.</i> L (WIKIPEDIA, 2001). |

La composición química de la semilla de soja, con elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, sufre importantes reducciones en su calidad fisiológica en relativamente cortos períodos de tiempo (SALINAS y YOLDJIAN, 2001).

## **2.2. Concepto y estructura de la semilla.**

La semilla en sentido botánico es un óvulo fecundado, independiente de la planta madre que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica, para originar un nuevo vegetal.

Una semilla usualmente consta de un embrión y tejidos nutritivos y cubiertas. La forma, el tamaño, la textura, la consistencia y el color de estas partes son variables según las especies, variedades y aún entre lotes de semillas de la misma especie y variedad, tal como lo menciona OBANDO y GOMES (2004).

AZCON y TALON (1993), describen que las cubiertas derivan de los tegumentos internos y externo del ovulo. La cubierta externa, denominada testa, suele ser un recubrimiento duro y consistente. Estas características le confieren cierto grado de impermeabilidad al agua y a los gases pudiendo, por tanto, ejercer una función reguladora en la función reguladora del metabolismo de los órganos y de los tejidos internos de la semilla.

OBANDO y GOMES (2004), mencionan que el embrión posee un eje embrionario que es un tejido de forma alargada con un meristemo en cada punta, y según la especie presenta una o más hojas llamadas cotiledones. El extremo del embrión que da origen al tallo de la planta y que tiene el meristemo cubierto con primordios de hojas se conoce como el epicótilo o plúmula; la parte del embrión que está entre la unión de los cotiledones y con el eje y el meristemo que da origen a la raíz de la radícula se llama hipocotilo.

## **2.3. Viabilidad y vigor de la semilla**

### **2.3.1 Viabilidad de la semilla**

La viabilidad de la semilla es uno de los principales atributos a considerarse en cualquier evaluación de calidad y, en ese sentido , la metodología para el análisis de germinación ha alcanzado un grado de refinamiento tal , que en la actualidad los resultados son altamente confiables y comprobables (FUNDEAGRO, 1989).

No solo el análisis de germinación a alcanzado un alto grado de refinamiento, pruebas de viabilidad como la de tetrazolio se han venido trabajando en todos los laboratorios del mundo, aminorando el periodo de duración para el diagnostico del estado en que se encuentra la semilla, con resultados muy convincentes.

### **2.3.2 Germinación de la semilla**

La germinación es el proceso mediante el que el embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta. (OBANDO y GOMES, 2004).

Otro concepto de germinación se da como la etapa que va desde la emergencia y desarrollo de una plántula hasta que el aspecto de sus estructuras esenciales refleje su capacidad para originar una planta normal, bajo condiciones favorables de temperatura, humedad relativa y luz (BARROS, 2003).

PERETTI (1994), denomina a la germinación como la reanudación de las actividades de crecimiento del embrión, suspendidas o disminuidas al momento de alcanzar la semilla su madures fisiológica.

Aunque se sabe que la germinación termina cuando la plántula no depende ya, para su existencia de los tejidos nutritivos. No todas las semillas que emiten la radícula, u otro órgano, a través de las cubiertas son capaces de producir una planta con posibilidades de llegar a ser adulta; por ello, en el laboratorio no se consideran como semillas germinadas aquellas que originan plántulas normales, es decir, que presentan defectos que les impedirán su desarrollo posterior.

La germinación de un lote de semillas se realiza dentro de un intervalo que puede abarcar desde un determinado número de horas, hasta varias semanas, según sean las condiciones ambientales y la especie (OBANDO y GOMES, 2004).

### **2.3.3 Pruebas de viabilidad y vigor**

#### **2.3.3.1 Prueba de viabilidad**

BARROS (2003), menciona que las pruebas germinación evalúan que las semillas estén vivas y posean el potencial de germinar, generando plántulas normales, cuando son expuestas a condiciones favorables.

### **Germinación en rollos**

El ensayo de germinación es el criterio principal y el más aceptado para estudiar la viabilidad de la semilla (PERETTI, 1994). La germinación nos da a conocer el valor del lote de semillas para la siembra ya que determina el máximo potencial de germinación del lote de semillas (GALLO, 2006). El potencial máximo de germinación puede usarse para comparar la calidad de diferentes lotes y estimar el valor de siembra (CRAVIOTTO y ARANGO, 2004).

La prueba de germinación en rollos, prueba que se encuentra incluida dentro de las pruebas de germinación estándar ya que evalúa bajo condiciones estándares favorables y determina el máximo porcentaje germinativo.

BARROS (2003), hace mención que en la prueba de germinación estándar se realiza un primer conteo preliminar de plantas germinadas y otro final, que otorga el tiempo suficiente a las semillas para que hasta las más débiles puedan germinar. Ambos conteos se llevan a cabo según las recomendaciones hechas por la (ISTA, 1999) en relación al tiempo de evaluación necesario para cada especie.

Las condiciones ambientales en el campo rara vez son óptimas, por lo que las semillas no están sujetas al efecto de condiciones adversas como temperaturas extremas, exceso o deficiencia de agua,

obstrucción mecánica en el suelo y microorganismos e insectos que pueden dañarla o destruirla (ALIZAGA, 1987).

BARROS (2003), menciona que la prueba de germinación es realizada bajo condiciones favorables, la relación que muestre con campo donde existen factores adversos, no se muestra suficiente ya que la prueba de germinación esta atribuida de limitantes como:

- Bajo condiciones controladas favorables, puede predecir bien la emergencia en el campo cuando las condiciones en él son cercanas al óptimo. Esta relación generalmente nunca se da. Esto puede concluir en errores en el potencial de la semilla.
- Dependiendo del tiempo de almacenamiento la semilla puede sufrir disminución en la calidad, el primer componente que se muestra es el vigor la cual no es detectada por la prueba de germinación.
- Finalmente esta prueba no mide la rapidez y uniformidad con la que germina las semillas.

### **2.3.3.2 Prueba de viabilidad y vigor**

En la actualidad hay modernos métodos que permiten determinar el valor de la viabilidad y el vigor, entre ellas, la prueba topográfica por tetrazolio, Esta prueba brinda la posibilidad de obtener los resultados en 24 horas o menos.

### **Prueba topográfica por tetrazolio**

Se trata de un instrumento de diagnóstico que muestra detalles importantes como la obtención rápida de valores de potencial de germinación, vigor e identificación de daños mecánicos, del ambiente, de chinches, por calor y por heladas. Su aplicación muestra la diferencia entre tejidos vivos y sanos, débiles, deteriorados y muertos por distinta coloración (ARANGO y CRAVIOTTO, 2006).

Esta prueba se fundamenta en una reacción bioquímica de coloración mediante la cual los tejidos vivos se tiñen de color rojo y los tejidos muertos permanecen sin tinción. Se puede realizar un diagnóstico acerca de la naturaleza de los daños que existen en la semilla y a la vez se puede establecer su nivel de viabilidad y vigor (CRAVIOTTO y ARANGO, 2006). Se utiliza en todas las especies, tanto para determinar viabilidad como vigor (GALLO, 2006).

PERETTI (1944), hace mención que esta técnica que no solo informa sobre la viabilidad y el vigor de las semillas, sino también sobre la naturaleza de las lesiones sufridas.

También nos permite visualiza los daños que presentan las semillas tanto en superficies como en tejidos internos (GALLO, 2006). El análisis de los tejidos del embrión permite no solamente indagar en su historia pasada, sino también sobre su performance futura (PERETTI, 1994).

En el test de tetrazolio se utiliza una solución incolora de cloruro 2,3,5-trifenil tetrazolio como un indicador para revelar los procesos de reducción que se llevan a cabo en el interior de las células vivas. Después de la solución de terazolio es embebida por la semilla, los protones liberados desde las células se combinando el 2,3,5-trifenil tetrazolio y forma un compuesto estable, no difusible, de coloración roja denominada formaza. Esta sustancia hace posible distinguir la s áreas vivas de la semilla (áreas de color rojo) y de las partes muertas (áreas blancas sin coloración) (GALLO, 2006).

CRAVIOTTO y ARANGO (2004), concluyen que la concentración de tetrazolio, la temperatura y tiempo de reacción utilizada en el método como así también otros factores como pH, luz pueden afectar la coloración de los tejidos, siendo muy importante indicar las condiciones en que se lleva a cabo la prueba. De la misma manera DELOUCHE (1969), propone en razón a la velocidad de reacción, de la semilla.

El objetivo de este análisis es determinar el potencial de germinación de la semilla; como esta prueba es más rápida que el del análisis de germinación es muy solicitado para las semillas de pasto (MARQUEZ, 2006).

#### **2.3.4 Vigor de la semilla**

En 1977 la ISTA definió vigor como “la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad y desarrollo de ésta o de un lote, durante la germinación y emergencia de las plántulas”. Dos años más tarde, la Association of Official Seed Analysts (AOSA)

definió como vigor “aquellas propiedades de las semillas que determinan la rapidez, uniformidad potencial de emergencia y desarrollo de plántulas normales, bajo un amplio rango de condiciones de campo (BARROS, 2003).

MOREIRA (1988), define al vigor como, el resultado de la conjunción de todos aquellos atributos de la semilla que permiten la obtención rápida y uniforme de la población en el campo. QUIROS y CARRILLO (1998), también lo define como el potencial biológico de la semilla que favorece un establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones incluso desfavorables de campo.

LANUSSE (1998), denomina al vigor como propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, que gobierna la habilidad de una semilla de producir rápidamente una plántula en el campo, y el límite hasta el que la semilla tolera una serie de factores ambientales. También se denomina vigor a la suma total de aquellas propiedades de las semillas que determinan su nivel de actividad y capacidad de germinación (BARBOZA, 1990). Estos conceptos se han venido formando a través del periodo de trabajo que se realizan para la identificación del vigor.

Los requerimientos necesarios para ser cumplidos por las pruebas de vigor se pueden resumir en cuatro. Las cuales estuvieron dadas por SALINAS y YOLDJIAN (2001).

1. Tener una buena base teórica, más que estar basado en una relación empírica.
2. Ser relativamente simple y barato, para poder ser utilizado, requiriendo un mínimo de equipamiento técnico sofisticado que permita ser adaptado.
3. Tiene que haber una buena relación entre los resultados de la prueba y el resultado práctico de la prueba de vigor.
4. Mostrar un comportamiento semejante entre lotes de semillas en relación a su comportamiento potencial y repetitividad de los resultados, tanto dentro, como entre laboratorios.

Ciertos lotes de semillas que presentan porcentajes de germinación elevados y similares pueden presentar comportamientos diferenciados cuando son sembrados en condiciones idénticas sin estrés en el campo, en este caso es importante evaluar el vigor (SALINAS y YOLDJIAN, 2001).

Así, el vigor de una semilla será un indicador de su rapidez de germinación y emergencia, lo que, en gran medida, determinará el éxito de establecimiento de un cultivo. Mientras más vigorosa sea ésta, más rápida, uniforme y con mayor número de plántulas normales podrá ser su germinación y emergencia.

Las pruebas de vigor son más sensibles a la pérdida de calidad de las semillas que la pruebas de germinación estándar, porque hacen que se

manifiesten las diferencias potenciales de los lotes. La primer señal del deterioro de la calidad de una muestra de semilla es la disminución del vigor, seguido por una reducción en la germinación y terminando con la muerte de las mismas, tal como lo señala GIACHINO y GALLY (2004).

Sin embargo, sus resultados no necesariamente entregan un pronóstico de la emergencia, sino que dan oportunidad al consumidor de determinar si un lote de semillas es superior a otro. El grado de esta superioridad estará dado por la constitución genética del lote de semillas, las condiciones ambientales que hubo durante su período de desarrollo en la planta madre, las características del almacenamiento y, finalmente, por las condiciones de estrés ambiental que ocurran en el campo, en el año en que las semillas son sembradas. Dichas condiciones pueden ser tan severas que impidan la emergencia, incluso para los lotes de semillas más vigorosas (BARROS, 2003).

El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (SALINAS y YOLDJIAN, 2001).

Finalmente, como las Pruebas de Vigor son más sensibles para determinar la calidad de las semillas, pierden validez rápidamente y por lo tanto los intervalos de retesteo con respecto a la germinación deben ser más cortos (BARROS, 2003). Esto significa que hay que repetirlos con mayor frecuencia que una prueba de germinación estándar.

De acuerdo con PERETTI (1994), una manera de clasificar las pruebas de vigor es en directas e indirectas.

#### **2.3.4.1 Pruebas de vigor**

Las pruebas de vigor se dividen en directas y indirectas que son mostradas a continuación.

##### **Pruebas directas**

Se expone a las semillas, bajo condiciones controladas en el laboratorio, a los factores adversos (estrés) que se esperan reduzca la emergencia en campo.

Como ejemplo la prueba de frío (Col Test), las pruebas directas, son difíciles de estandarizar entre laboratorios y tienden a dar resultados más variables que las pruebas de germinación (UNALM, 2004).

PERETTI (1994), menciona que las pruebas de vigor directas reproducen en el laboratorio las condiciones a campo. Los factores de estrés que se supone reducen la emergencia a campo son impuestos bajo condiciones controladas en el laboratorio (test de frío).

Sin embargo, estas pruebas han sido criticadas porque no detectan diferencias de calidad cuando las semillas son expuestas a condiciones de suelo favorables (BARROS, 2003).

**a) Prueba de frío.**

El fundamento teórico de esta prueba es que la condición fría y húmeda del suelo retarda la actividad tanto de la semilla como de los microorganismos del suelo (FUNDEAGRO, 1989).

Sin embargo, como las semillas están es desventaja relativamente mayor, serán mas susceptibles al ataque de microorganismos causantes de la pudrición. Las semillas vigorosas producirán plantas capaces de resistir el ataque de estos microorganismos mayor grado de semillas débiles (UNALM, 2004).

PERETTI (1994), señala que los resultados entregados por esta prueba, en especies como maíz y soya, han mostrado una buena correlación con la emergencia en el campo.

Esta prueba fue inicialmente desarrollada para maíz, en la actualidad ha sido adaptada para poroto, soya, sorgo, zanahoria, remolacha, cebolla y maravilla (PERETTI, 1994), donde las condiciones de trabajo varían en el número de semillas evaluadas, la temperatura utilizada y los días de evaluación.

BARROS (2003), señala que, bajo ciertas condiciones ambientales, puede existir mejor correlación entre los resultados de esta prueba y la emergencia de campo, que entre la prueba de germinación estándar y la emergencia, lo que, por ejemplo, la ha transformado en una prueba obligatoria para certificar semillas de maíz en Austria.

**b) Pruebas indirectas**

Son aquellas en las que se evalúan o miden una determinada característica de las semillas, que posteriormente se correlacionan con su performance en el campo.

La prueba de conductividad eléctrica es otra prueba indirecta, que se emplea comúnmente para arveja (*Pisum sativum*). En ella se mide el contenido de electrolitos lixiviados en agua desionizada en la cual se a remojado las semillas por 24 horas a 20° C.

Otra de las pruebas es la del envejecimiento acelerado, en la cual se somete a la semilla a condiciones de alta temperatura y humedad relativa por un tiempo que varía según la especie. Estas condiciones inducen a un aumento e el ritmo de deterioro fisiológico de la semilla, y por lo general existe una buena correlación entre el porcentaje de semillas que sobreviven al tratamiento y el porcentaje de emergencia en campo (UNALM, 2004).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Campo experimental**

##### **3.1.1 Ubicación**

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Propagación in vitro del Área de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria de la selva, situada a la margen derecha del río Huallaga, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco y Región Andrés Bello.

Las coordenadas geográficas son las siguientes:

Este : 0390580

Norte : 897360

Altitud : 685 m.s.n.m.

#### **3.2 Material genético**

El material genético estuvo dado por semilla de soya (*Glycine max* L.). Comprendió dos estados distintos de soya. La primera obtenida a pocos días de la cosecha y la segunda obtenida del mercado comercial ordinario, la cual no se encontró bajo ningún estado adecuado de almacenamiento.

#### **3.3 Materiales y métodos**

##### **3.3.1 Materiales y equipo**

###### **3.3.1.1 Prueba de germinación en rollos**

- 200 semillas de soya.
- Papel toalla (41× 22 cm.)
- Bolsas de polipropileno.

### **3.3.1.2 Prueba topográfica por tetrazolio**

- Sal cloruro de trifenil tetrazolio (0.5 %).
- Hidróxido de sodio (1%).
- Acido clorídrico (1%).
- 200 semillas de soya.
- Patrón de tinción para soya.
- Papel toalla (41 x 22cm.).
- Agua destilada.
- Envases de vidrio.
- Bolsas de polipropileno.
- Estereoscopio.
- Estufa.
- Balanza analítica.

### **3.3.1.3 Prueba de frío**

- 200 semillas de soya.
- Estufa.
- Balanza común.
- Frasco.
- Cajas de plástico.
- Embudos.
- Suelo de campo.
- Arena.
- Suelo de campo.
- Contenedor de base.
- Heladera.

### **3.3.1.4 Emergencia en campo bajo cubierta**

- 200 semillas de soya.
- Maseteros plásticos.
- Sustrato de campo.

### **3.3.2 Metodología**

#### **3.3.2.1 Protocolo para la prueba de germinación en rollos**

##### **Procedimiento:**

1. Extensión dos capas de papel toalla (41×22 cm.) humedecidas.
2. Ubicamos de las semillas a un distanciamiento entre hileras 5cm. y entre semillas de 3cm.
3. Cubrimos las semillas con dos capas más de papel toalla humedecida y enrollamos.
4. Ubicamos los rollos perpendicularmente por un periodo determinado para el escurrimiento del exceso de agua.
5. Colocamos dentro de las bolsas de polipropileno, cerramos con clips y los ubicamos con cierto ángulo de inclinación.
6. Las evaluaciones se realizaron en intervalos de tres días contando desde el cuarto día de instalación.

### **3.3.2.2 Protocolo para la prueba de tetrazolio**

#### **Procedimiento:**

##### **a) Preparación de la solución de tetrazolio.**

1. Colocamos en un beacker 995 ml. agua destilada, controlamos su pH y corregimos a un rango de 6.5 – 7.0.
2. Hacemos uso de dos reactivos (ajustadores de pH), hidróxido de sodio (1N) y ácido clorhídrico (1N) y ubicamos el pH dentro del rango anterior.
3. Disolvemos los 0.5g de la sal de tetrazolio en los 995ml de agua destilada corregida y agitamos.
4. Preparada la solución, colocamos en un matraz que se encuentra cubierto por una bolsa negra que no permite el paso de la luz y guardamos en la heladera.

##### **b) Instalación de las semillas**

1. Distribuimos las semillas entre dos papel toalla no fototóxicas humedecidas de 41×22cm. con un distanciamiento de 7× 5 cm.
2. Ubicamos 20 semillas por rollo, las dejamos en posición vertical dentro de bolsas de polipropileno por un periodo de 16 horas.

3. Procesamos 2 repeticiones de 50 semillas por tipo en 4 frascos de vidrio.
4. Colocamos la solución de tetrazolio en cada frasco, se cubrió con la solución de tetrazolio cuyo nivel superó aproximadamente 0.5 cm.
5. Tapamos los frascos de tal manera que no permita el ingreso de luz, y dejamos inbibir por 3 horas a 30° C en estufa.
6. Extraemos las semillas, lavarlas con agua destilada y guardamos en placas petri con agua.
7. Pelamos suavemente cada una retirando el tegumento seminal transparente con una pinza, tratando de no dañar la superficie.
8. Cortamos longitudinalmente con bisturí para la observación de los daños internos de los cotiledones y de aquellos que comprometen al embrión.
9. Estudiamos individualmente con la ayuda del estereoscopio.

### **3.3.2.3 Protocolo para la prueba de frío**

#### **Procedimiento:**

#### **a) Determinación del contenido de humedad del suelo**

1. Pesamos el frasco de vidrio vacío.

2. Pesamos el sustrato formado por arena de río y suelo en relación 2:1
3. El sustrato para soya se normaliza a 60% de su capacidad de retención de agua (WHC = water Holding Capacity).
4. Llenamos con el sustrato a utilizar y se vuelve a pesar.
5. La muestra se puso en estufa a 105° C durante 24 horas.
6. Se volvió a pesar.
7. Cálculo del porcentaje de humedad:

A : Peso del frasco vacío.

B : Peso del frasco + sustrato antes de ser secado

C : Peso del frasco + sustrato después de ser secado.

D : Pérdida de humedad (B- C).

E : Peso del sustrato secado (C-A).

F : Porcentaje de humedad del sustrato  
(D/Ex100)

$$F = \frac{\text{Pérdida de humedad}}{\text{Peso seco del sustrato}} \times 100 = \frac{D}{E} \times 100$$

**b) Determinación de la capacidad de retención de agua del sustrato (WHC)**

1. Pesamos el recipiente vacío con 12 agujeros regularmente distribuidos en el fondo.
2. Añadimos una cantidad conocida del sustrato secado (105° C por 24 h) y agregar agua hasta el punto de saturación. Pesar.
3. Dejamos drenar por 30 minutos (cuidando que no haya corrientes de aire).
4. Drenó durante 20 horas encerrado todo el sistema en una bolsa de plástico a temperatura ambiente.
5. Pesamos el frasco más el sustrato después del drenaje. Calcular la WHC como sigue:

A : Peso del frasco

B : Peso del sustrato secado añadido

C : Peso del frasco + sustrato después del drenaje.

$$HC = \frac{\text{Peso del agua retenida por el sustrato}}{\text{Peso del sustrato secado}} \times 100$$

$$H = \frac{C - B - A}{B} \times 100$$

**c) Normalización del sustrato según su WHC**

1. Pesamos una caja de plástico con dimensiones de 31×44 × 17cm.
2. Añadimos el sustrato, se nivelar a 4 cm. de espesor y pesar de nuevo.

A : peso de caja vacía.

B : peso caja + 4cm. de espesor de sustrato.

C: peso del sustrato para la caja de germinación.

3. El sustrato calculado es pesado y acondicionado en una bandeja de plástico y mezclada con suficiente agua como para llevarlo al porcentaje recomendado de su WHC (60% WHC).

$$\text{Cantidad de agua a utilizar} = \text{peso del sustrato} \times \left[ (60\% \times \text{WHC}) - \text{contenido humedad del suelo} \right]$$

**d) Siembra.**

1. Disponemos las semillas en cajas de plástico (cada caja contiene una repetición de 50 semillas).
2. Sobre un lecho de 2cm. de espesor normalizado se siembran las semillas con distanciamiento de 4×3.5cm. y luego cubierta por una capa de 4cm. del mismo sustrato.

3. Cubrimos las cajas plásticas y se guardó en la heladera a 10°C, en oscuridad durante 7 días.
4. Trasladamos a temperatura ambiente con 8 horas de luz durante 4 días.

#### **3.3.2.4 Emergencia en campo bajo cubierta**

##### **Procedimiento:**

1. 200 semillas en dos grupos de 50 por estado.
2. Sembramos en bandejas plásticas (34 × 16 × 12cm.) en sustrato de campo a una profundidad de 2 cm. con distanciamiento de 4 × 4cm.
3. Evaluamos a los 6, 10 y 14 días después de la siembra, y paralelo a esta la velocidad de emergencia.

#### **3.4 Componentes en estudio**

##### **Estados de semilla**

a1 = semillas fresca (var. Júpiter).

a2 = semillas seca (obtenida del mercado comercial).

##### **Pruebas de viabilidad y vigor**

b1 = prueba de germinación en rollos (Prueba viabilidad).

b2 = prueba de tetrazolio (TZ) (Prueba viabilidad y vigor).

b3 = prueba de frío (Prueba de vigor).

**Observación:**

La emergencia en campo es tomada como testigo o punto de comparación para con las demás pruebas.

**3.5 Tratamientos en estudio.**

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos.

| Tratamiento    | Clave                         | Descripción                              |
|----------------|-------------------------------|--|
| T <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> | semillas fresca + germinación en rollos. |
| T <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> | semillas fresca + prueba de tetrazolio.  |
| T <sub>3</sub> | a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> | semillas fresca + prueba de frío.        |
| T <sub>4</sub> | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> | semillas seca + germinación en rollos.   |
| T <sub>5</sub> | a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> | semillas seca + prueba de tetrazolio.    |
| T <sub>6</sub> | a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> | semillas seca + prueba de frío.          |

**3.6 Análisis estadístico.**

Se aplicó el diseño experimental completamente al azar (DCA) en arreglo factorial (2x3) con 6 tratamientos, con 2 repeticiones (50 semillas /r).

**3.6.1 Modelo aditivo lineal:**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

**Donde:**

Y<sub>ijk</sub> = Es la respuesta obtenida en la k-ésima repetición a la cual se le aplicó el i – ésimo nivel del factor  $\alpha$  con el j-ésimo nivel del factor  $\beta$ .

- $\mu$  = Es el efecto de la media general
- $\alpha_i$  = Es el efecto del  $i$  – ésimo nivel del factor  $\alpha$ .
- $B_j$  = Es el efecto del  $j$  – ésimo nivel del factor  $\beta$ .
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción, entre el  $i$  – ésimo nivel del factor  $\alpha$  con el  $j$ -ésimo nivel del factor  $\beta$ .
- $\varepsilon_{ijk}$  = Es el efecto aleatorio del error experimental observado en la  $k$ -ésima repetición a la cual se le aplicó el  $i$ - ésimo nivel del factor  $\alpha$  con el  $j$  - ésimo nivel del factor  $\beta$ .

**Para:**

$i = 1, \dots, 2$  niveles del factor A.

$j = 1, \dots, 3$  niveles del factor B.

$k = 1, \dots, 2$  repeticiones.

**3.6.2 Esquema del análisis de variancia (ANVA)**

**Cuadro 2.** Fuentes de variación y grados de libertad del análisis de variancia.

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Grados de Libertad</b> |
|----------------------------|---------------------------|
| Tratamiento                | 5                         |
| A ( estados de la semilla) | 1                         |
| B (pruebas de laboratorio) | 2                         |
| A x B                      | 2                         |
| Error experimental         | 6                         |
| <b>Total</b>               | <b>11</b>                 |

### **3.6.3 Coeficiente de correlación**

Se determinó el coeficiente de correlación entre las distintas pruebas de laboratorio y los índices de emergencia en campo.

Este coeficiente cuantificó la asociación que existía entre dos variables, es decir, cuánto de la variabilidad de una era explicada por la variabilidad de la otra. En este caso, indicó el nivel de dependencia que existía entre una Prueba de Laboratorio y uno de los índices de emergencia.

El coeficiente de correlación siempre está acotado entre valores -1 y 1. Así:

- Si el coeficiente de correlación es cercano a 0, quiere decir que existe total independencia entre las variables; por lo tanto, lo que ocurra con una no explica lo que ocurra con la otra.
- Si el coeficiente es cercano a -1 ó 1, quiere decir que, la variación de una es explicada por la variación de la otra. De esta forma, si el coeficiente es negativo o inverso, indicará que la explicación de una variable sobre la otra estará dada porque a medida que una aumentara la otra disminuya. Si el coeficiente es positivo o directo, indicará que la explicación de una variable sobre la otra estará dada porque a medida que una aumenta, la otra también aumenta.

Además se realizó un análisis descriptivo con los siguientes parámetros estadísticos (media, desviación estándar y coeficiente de variación)

entre las distintas pruebas de laboratorio y la emergencia en campo. Para la comparación de medias se usó la prueba de Duncan con un nivel de confianza al 95%.

### **3.7 Observaciones registradas**

#### **a. Laboratorio**

##### **1. Prueba de germinación en rollos**

- Número de semillas duras (%).
- Número de semillas frescas no germinadas (%).
- Número de semillas muertas (%).
- Número de plántulas normales (%).
- Número de plántulas anormales (%).

#### **Observación:**

El número de plántulas normales en porcentaje refleja el porcentaje de germinación según lo establecido por (PERTTI, 1994).

##### **2. Prueba de tetrazolio**

- Viables sin defectos (%).
- Viables defectos leves (%).
- Viables defectos moderados (%).
- Viables defectos severos (%).
- No viables (%).
- Vigor alto (%).
- Vigor medio (%).

- Vigor bajo (%).
- Límite crítico (%).

### **3. Prueba de frío**

- Número de plántulas emergidas (%).
- Número de plántulas normales (%).
- Número de plántulas anormales (%).
- Número de plántulas vigorosas (%).
- Velocidad de emergencia.

#### **b. Campo**

##### **1. Emergencia en campo bajo tinglado**

- Número de plántulas emergentes (%).
- Número de plantas normales (%).
- Número de plantas anormales (%).
- Velocidad de emergencia.

### **3.8 Determinación de las observaciones a registrar**

#### **3.8.1 Para la prueba de germinación en rollos**

Para los parámetros de evaluación de las semillas se utilizo categorías propuestas por PERETTI, (1994), dadas a continuación.

##### **1. Semillas duras**

Se clasifican como semillas duras las simientes que, al finalizar el periodo prescrito de ensayo, permanecen duras, tal como fueron puestas al

procesar, dado que por la impermeabilidad del tegumento no son capaces de absorber agua y comenzar el proceso de germinación.

## **2. Semillas frescas no germinadas**

Son aquellas que se diferencian de las duras puesto que absorben agua y se hinchan, pero no germinan ni entran en estado de putrefacción (esto se puede comprobar cuando al apretar con una pinza se aprecia una consistencia firme).

Cuando son puestas en condiciones adecuadas para germinar se produce una imbibición de agua, pero no se verifica la reanudación del crecimiento del embrión, estas semillas permanecen aparentemente viables al finalizar el ensayo de germinación. Este fenómeno se debe principalmente a un problema de dormancia. Solamente al revertir los mecanismos fisiológicos de inhibición se pondrá en marcha el proceso activo de la germinación.

## **3. Semillas muertas**

Son las simientes no viables, que se deshacen al ser apretadas al término del periodo de ensayo. La imbibición tiene lugar como consecuencias de fuerzas que responden a leyes físico-químicas, por lo tanto ingresa agua a las semillas, estas se hinchan, pero como su deterioro es irreversible no ha de producirse la reactivación metabólica propia de la germinación y terminan descomponiéndose por putrefacción.

#### **4. Plántulas normales**

Se consideran plántulas normales aquellas cuyo aspecto pone de manifiesto su capacidad para continuar su desarrollo normalmente, en buen estado los órganos esenciales para su ulterior crecimiento por lo tanto constará de:

- Un sistema radicular bien desarrollado con una raíz principal y/o raíces laterales normales.
- Un eje embrionario bien desarrollado, con epicotilo o hipocotilo alargado, plúmula y cotiledones normales.
- Hojas primarias verdes, fotosintéticas y expandidas.

Además integran estas categorías plántulas con leves defectos, o con infecciones secundarias según se detalla a continuación:

- Plántulas con un solo cotiledón, si el otro es normal.
- Plántulas con una sola hoja primaria normal, o con hojas de tamaño reducido, siempre que este sea superior a  $\frac{1}{4}$  de su tamaño normal.
- Toda plántula seriamente alterada por hongos o bacterias con sus estructuras esenciales presentes, cuando es evidente que la semilla de la cual procede no es el foco de infección.

#### **5. Plántulas anormales**

Son las que no pueden desarrollarse en plantas normales por presentar uno o varios de los siguientes defectos:

**I. Raíz primaria**

1. Atrofiada.
2. Mazuda.
3. Raquítica.
4. Ausente.
5. Rota.
6. Hendida desde el extremo.
7. Con constricción.
8. Ahilada.
9. Atrapada en la cubierta seminal.
10. Con geotropismo negativo.
11. Vítrea.
12. Podrida como resultado de una infección primaria.
13. Sólo una o totalmente ausente.

**Observación:**

Las raíces secundarias o las seminales que muestre uno o más de los defectos descritos son considerados anormales (PERETTI, 1994).

**II. Hipocotilo, epicotilo y mesocotilo**

1. Corto y grueso.
2. Agrietado o profundamente roto.
3. Hendidura longitudinal.
4. Ausente.

5. Estrechamente retorcido.
6. Curvado.
7. Formando un lazo en espiral.
8. Ahilado.
9. Vítreo.
10. Podrido como resultado de una infección primaria.

### **III. Cotiledones**

1. *Hinchados* y ondulados.
2. Deformes.
3. Rotos u otro daño similar.
4. Separados de plántulas o ausentes.
5. Decolorados.
6. Necróticos o ausentes.
7. Vítreos.
8. Podridos como resultado de una infección primaria.

#### **Observación:**

Los daños o podredumbres de los cotiledones en el punto de unión con el eje de la plántula o en las proximidades de la yema apical dan lugar a la plántula anormal, con independencia de la regla del 50% (PERETTI, 1994).

### **IV. Hojas primarias**

1. Deformes.
2. Dañadas.

3. Ausentes.
4. Decoloradas.
5. Necróticas.
6. Podridas como resultado de una infección primaria.
7. De forma normal, pero de tamaño interior a  $\frac{1}{4}$  del tamaño medio de las hojas de las plántulas normales.

#### **V. Yema terminal**

1. Déforme.
2. Dañada.
3. Ausente.
4. Podrido como resultado de una infección primaria.

#### **Observación:**

Si la yema terminal es defectuosa o esta ausente, la plántula es anormal, incluso si se han desarrollado una o dos yemas axilares (PERETTI, 1994).

#### **VI. Coleoptilo y primera hoja (u hojas)**

##### **Coleoptilo:**

1. Deformes.
2. Dañado.
3. Ausente.
4. Con el extremo dañado o ausente.

5. Fuertemente curvado.
6. Formando un lazo en espiral.
7. Estrechamente retorcido.
8. Hendido más de 1/3 de su longitud desde el extremo.
9. Hendido en la base.
10. Ahilado.
11. Podrido como resultado de una infección primaria.
12. Extendida menos de la mitad de la longitud del coleoptilo.
13. Fragmentada u otro tipo de formación similar.

## **VII. Plántula**

1. Deforme.
2. Fractura.
3. Cotiledones emergidos antes que la raíz.
4. Plántulas fusionadas.
5. Consistencia del color endospermico.
6. Amarilla o blanca.
7. Ahilada.
8. Vítrea.
9. Podrida como resultado de una infección primaria (PERETTI, 1994).

### **3.8.2 Para la prueba de tetrazolio**

Estos patrones reflejan los niveles de viabilidad y vigor en la que se encuentran las semillas, que han sido dados por los autores CRAVIOTTO y ARANGO (2005).

En la figura 1 se muestra los patrones y niveles de viabilidad y vigor en el cual se presenta una categorización de daños en el interior de la semilla que definen el grado de viabilidad y vigor de las semillas de soya.

# PRUEBA TOPOGRÁFICA POR TETRAZOLIO EN FABACEAS

## PATRONES - NIVELES DE VIABILIDAD Y VIGOR

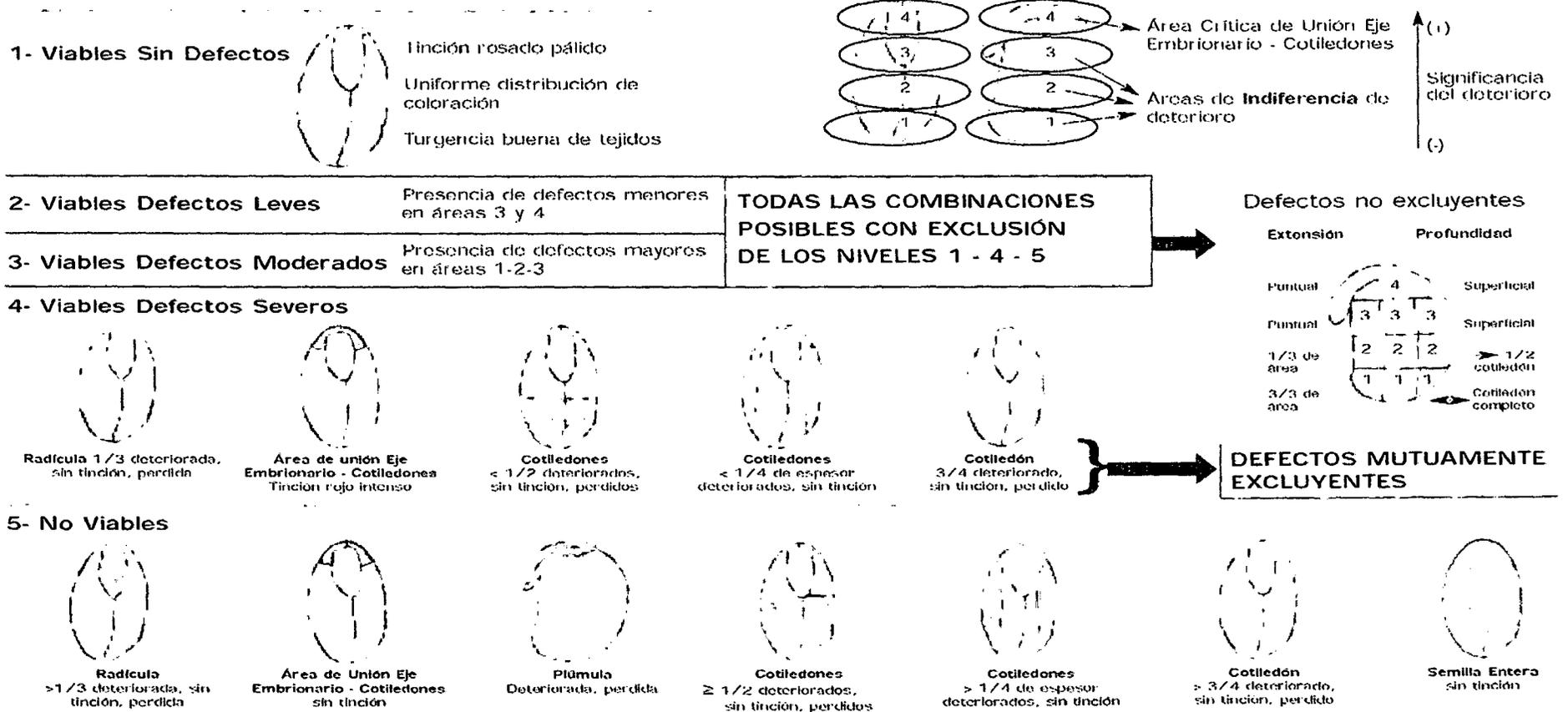


Figura 1. Patrones de viabilidad y vigor para la prueba topográfica por tetrazolio en soja (fuente: Craviotto y Arango, (2003))

Definición de los siguientes términos de la imagen anterior:

- **Defectos no excluyentes o combinables:** Daños que pueden estar presentes simultáneamente en una semilla de los niveles viables, defectos leves y viables defectos moderados.
- **Defectos mutuamente excluyentes:** Daños que no pueden estar presentes simultáneamente en una misma semilla.
- **Límite crítico:** La intensidad del daño comprende la germinación y/o la producción de una plántula normal.
- **Turgencia:** El estado de turgencia de las estructuras y tejidos es excluyente de la condición de viabilidad e independiente del grado de tinción.
- **Área de indiferencia de deterioro:** Los daños presentes poseen importancia semejante independiente de su ubicación (CRAVIOTTO y ARANGO, 2005).

#### I. Vigor alto

- Daño sobre cotiledón, áreas muertas sobre contornos definidos.
- Daño cortante próximo al área de unión, área muerta en contornos definidos, área circundante con actividad respiratoria intensa.
- Daño en área distal de cotiledones, tejidos muertos en deterioro mezclados, eje embrionario blanco brillante.
- Daño cortante en área distal de cotiledones.
- Tejido muerto en área distal del eje embrionario.
- Daño en área dorsal de cotiledones.
- Daño en área dorsal pero con tejidos en deterioro.
- Daño superficial.

- Daño sobre mayor superficie en los cotiledones.
- Daño en bandas.
- Daño en eje embrionario, áreas muertas superficiales.
- Daño en área distal de cotiledones con tejido muerto.
- Daño en el extremo distal del cotiledón.
- Daño en área ventral del cotiledón, tejidos restantes en buen estado.

## **II. Vigor medio**

- Daño extenso en área distal de cotiledones, con tejidos muertos.
- Daño en banda de área dorsal de cotiledones, tejido muerto.
- Daño cercano al eje embrionario.

## **III. Vigor bajo**

- Daño en área dorsal de cotiledones con tejidos muertos, área en deterioro y muertas alcanzando el área de unión.
- Daño en eje embrionario y área distal y ventral de cotiledones.
- Daño en eje embrionario y área dorsal y distal de cotiledones.
- Daño cerca al eje embrionario.

### **3.8.3 Para la prueba de frío:**

**Plántulas normales emergidas:** con una longitud de plúmula superior a 2.5 cm. es un dato orientativo ya que no existe aun un criterio seguro para clasificar el vigor de las plántulas.

Puesto que no es dable esperar índices de emergencia máximos (cercaos al 100%) cuando las semillas son sometidas a condiciones límite, por tanto porcentajes de poder germinativo iguales o superiores a 75% indica un buen nivel de vigor, establecido por (PERETTI, 1994).

La velocidad de emergencia (VE) se identifica con la siguiente formula:

$$VE = (\text{Plántulas emergidas en el 1er conteo}) / N^{\circ} \text{ de días del 1er conteo} + (\text{Plántulas emergidas en el 2}^{\circ} \text{ conteo} - \text{Plántulas emergidas en el 1er conteo}) / N^{\circ} \text{ de días del 2}^{\circ} \text{ conteo} + (\dots\dots \text{Plántulas emergidas en el conteo } n) / N^{\circ} \text{ de días del conteo } n.$$

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos del análisis de variancia y la prueba de Duncan de las variables en estudio y su correlación con el campo, se presenta en el Cuadro 1 y subsiguientes:

En el Cuadro 3 se muestran los resultados del análisis de varianza para las variables número de semillas viables, número de plántulas normales y número de plántulas anormales para la fuente de variabilidad: estados de semilla, pruebas de viabilidad y vigor y la interacción de las mismas.

Para la variable número de semillas viables se encontró diferencias estadística significativas y altamente significativas para las fuentes de variación estados de la semilla y pruebas de laboratorio, sin embargo no se pudo probar el efecto entre dichos factores. El coeficiente de viabilidad indica una excelente homogeneidad de los resultados experimentales.

La diferencia estadística significativa encontrada para la fuente de variación estados de la semilla, nos demuestra que en promedio de las pruebas de laboratorio, existen diferencias significativas entre los estados debido a que las condiciones fisiológicas de ambos lotes de semillas son distintas. De manera similar ocurre en las pruebas de laboratorio, mostrando diferencias altamente significativas, que nos demuestra que en promedio de los estados de la semilla, existen diferencias altamente significativas entre las pruebas de laboratorio debido a que estas pruebas son influenciadas por los diferentes estados de la

semilla y las respuestas de viabilidad que tengan asociadas a estas pruebas de viabilidad y vigor van a mostrar un margen diferenciado.

Para la variable número de plántulas normales se encontró diferencias estadística significativas y altamente significativas para las fuentes de variación estados de la semilla y pruebas de laboratorio, sin embargo no se pudo probar el efecto entre dichos factores. El coeficiente indica una muy buena homogeneidad de los resultados experimentales.

La diferencia estadística significativa encontrada para la fuente de variación estados de la semilla, nos demuestra que en promedio de las pruebas de laboratorio, existen diferencias significativas entre los estados, debido a que los estados de la semilla están influenciados por las pruebas de manera tal que, el número de plántulas normales es la muestra principal de vigor que presenta ambos estados, que para el caso de la semilla seca fue menor, similarmente ocurre en las pruebas de laboratorio, mostrando diferencias altamente significativas, que nos demuestra que en promedio de los estados de las semillas, existe diferencias altamente significativas entre las pruebas de laboratorio debido a estas se encuentran afectadas por lo estados en el que se encuentran ambos lotes y esta expresión se muestra en el mayor número de plántulas normales reflejada en cada prueba.

**Cuadro 3.** Cuadrados medios y significación de las variables en estudio, número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales.

| Fuentes de Variabilidad               | Nº de semillas viables |          |      | Nº de plántulas normales |          |      | Nº de plántulas anormales |          |      |
|---------------------------------------|------------------------|----------|------|--------------------------|----------|------|---------------------------|----------|------|
|                                       | GL                     | CM       | Sig. | GL                       | CM       | Sig. | GL                        | CM       | Sig. |
| <b>Tratamientos</b>                   | 5                      | 560.400  | **   | 5                        | 366.683  | **   | 5                         | 252.750  | *    |
| <b>A (estados de la semilla)</b>      | 1                      | 56.333   | *    | 1                        | 126.750  | *    | 1                         | 70.083   | NS   |
| <b>B (pruebas de laboratorio)</b>     | 2                      | 1362.250 | **   | 2                        | 850.333  | **   | 2                         | 547.750  | **   |
| <b>A×B</b>                            | 2                      | 10.583   | NS   | 2                        | 3.000    | NS   | 2                         | 49.083   | NS   |
| <b>Error</b>                          | 6                      | 41.000   |      | 6                        | 13.917   |      | 6                         | 48.417   |      |
| <b>Total</b>                          | 11                     |          |      | 11                       |          |      | 11                        |          |      |
| <b>Coeficientes de variación (CV)</b> |                        | 7.162 %  |      |                          | 14.302 % |      |                           | 42.820 % |      |

\* = significativo ( $\alpha = 0,05$ ),

\*\* = altamente significativo ( $\alpha = 0,01$ ),

NS = no significativo

Para la variable número de plántulas anormales se encontró diferencias estadística no significativas y altamente significativas para las fuentes de variación estados de la semilla y pruebas de laboratorio, sin embargo no se pudo probar el efecto entre dichos factores. El coeficiente indica resultados muy variables de los resultados experimentales.

La diferencia estadística no significativa encontrada para la fuente de variación estados de la semilla, nos demuestra que en promedio de las pruebas de laboratorio, no existen diferencias significativas entre los estados debido a que las anomalías que resultan de ambos estados sometidos a estas pruebas de laboratorio son similares en tipo, y la variación en porcentaje no muy diferenciada. De manera contraria ocurre en las pruebas de laboratorio, mostrando diferencias altamente significativas, que nos demuestra que en promedio de los estados de la semilla, existen diferencias altamente significativas entre las pruebas de laboratorio debido a la interacción que muestran las pruebas frente a los estados y estas pruebas de laboratorio muestran diferente acción sobre las semillas y por tanto los resultados de interacción son distintos en ambos lotes de semilla.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de comparación de medias (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) aplicada a la fuente de variación estados de semilla, respecto a las variables número de semillas viables, número de plántulas normales y número de plántulas anormales. Esta prueba estadística nos indica que ambos estados de la semilla presentan diferencias significativas tanto para el número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales.

**Cuadro 4.** Comparación de medias para los estados de semilla con respecto al número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales (Duncan,  $\alpha= 0.05$ ).

| <b>Estados de la semilla</b> | <b>Nº de semillas viables</b> |   | <b>Nº de plántulas normales</b> |   | <b>Nº de plántulas anormales</b> |   |
|------------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|---|
| <b>Fresca</b>                | 38.67                         | a | 29.33                           | a | 13.83                            | b |
| <b>Seca</b>                  | 34.33                         | b | 22.83                           | b | 18.67                            | a |

Letras diferentes en la columna presentan diferencias significativas (Duncan,  $\alpha = 0.05$ )

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), se rechaza la hipótesis planteada, por lo tanto, se encontró diferencias estadísticas significativas entre dichos estados de la semilla es decir que la respuesta de las pruebas para el estado de semilla fresca fue diferente y superior sobre la respuesta de las pruebas para el estado de semilla seca en relación a la variable número de semillas viables.

La existencia de diferencias estadísticamente significativas, nos estaría indicando que la calidad fisiológica y física para ambos estados de la semilla es distinta.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), se rechaza la hipótesis planteada, por lo tanto, se encontró diferencias estadísticas significativas entre dichos estados de la semilla, es decir, que la respuesta de las pruebas para el estado de semilla fresca fue diferente y superior sobre la respuesta de las

pruebas para el estado de semilla seca en relación a la variable número de plántulas normales.

El resultado de la diferenciación estadística es producto de la baja calidad fisiológica que muestra el estado de semilla seca, ya que estas semillas no han estado en condiciones favorables de almacenamiento.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), se rechaza la hipótesis planteada, por lo tanto, se encontró diferencias estadísticas significativas entre dichos estados de la semilla, es decir, que la respuesta de las pruebas para el estado de semilla fresca fue diferente y superior sobre la respuesta de las pruebas para el estado de semilla seca en relación a la variable número de plántulas anormales.

Según los autores AZCON y TALON (1993), la semilla va perdiendo calidad a partir de haber alcanzado su madurez fisiológica. Basados en esta premisa, según los autores, las semillas del estado frescas ha sido obtenidas a 15 días de realizada la cosecha. Por tanto estas semillas no han sufrido pérdida de la calidad fisiológica y física.

En el Cuadro 5 se muestra los resultados de la prueba de medias Duncan ( $\alpha= 0.05$ ) aplicada a la fuente de variación pruebas de viabilidad y vigor, para las variable número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales. Esta prueba estadística nos indica que las pruebas de viabilidad y vigor presentan diferencias estadísticas significativas tanto para el número de semillas

viabiles como para el número de plántulas anormales, pero para el número de plántulas normales no existen diferencias estadísticas entre las pruebas de germinación en rollos y la prueba de tetrazolio.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), se rechaza la hipótesis planteada, por lo tanto, se encontró diferencias estadísticas significativas entre las tres pruebas de viabilidad y vigor, es decir, que la respuesta de los estados de la semilla para la prueba de germinación en rollos fue diferente y superior sobre la respuesta del estado de la semilla para la prueba de tetrazolio, y esta, diferente y superior sobre la respuesta del estado de la semilla para la prueba de frío en relación a la variable número de semillas viables.

**Cuadro 5.** Comparación de medias para las pruebas de viabilidad y vigor con respecto al número de semillas viables, plántulas normales y plántulas anormales. Duncan ( $\alpha= 0.05$ ).

| <b>Tratamientos</b>          | <b>Nº de semillas viables</b> |   | <b>Nº de plántulas normales</b> |   | <b>Nº de plántulas anormales</b> |   |
|------------------------------|-------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|---|
| <b>Prueba de germinación</b> | 48.50                         | a | 34.75                           | b | 13.75                            | a |
| <b>Prueba de tetrazolio</b>  | 45.75                         | b | 34.25                           | b | 29.00                            | b |
| <b>Prueba de frío</b>        | 15.25                         | c | 9.25                            | a | 6.00                             | c |

Letras diferentes en la columna presentan diferencias significativas (Duncan,  $\alpha= 0.05$ )

La diferencia estadística que muestra la prueba de frío frente a las demás pruebas tiene como explicación el procedimiento de esta prueba que se realiza en condiciones adversas de baja temperatura, alta humedad y patogenicidad, según refiere FUNDEAGRO (1989). Principalmente el factor humedad afecta la sensibilidad de la semilla, que trae como consecuencia el ataque de patógenos y por tanto la degradación de las semillas, y la no emergencia de las mismas.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), se acepta la hipótesis planteada, por lo tanto, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre las dos pruebas de viabilidad y vigor, es decir, que la respuesta de los estados de la semilla para la prueba de germinación en rollos no fue diferente ni superior sobre la respuesta del estado de la semilla para la prueba de tetrazolio. Por el contrario, se encontró diferencias estadísticas significativas entre las dos primeras pruebas de viabilidad y vigor con la tercera prueba de vigor, es decir, que la respuesta de los estados de la semilla para la prueba de germinación en rollos y la prueba de tetrazolio fueron diferente y superior sobre la respuesta del estado de la semilla para la prueba de frío en relación a la variable número de plántulas normales.

La falta de diferencia estadística significativa entre las pruebas de germinación en rollos y la prueba de tetrazolio es posible que se deba a los métodos de identificación por parte de ambas pruebas. De acuerdo con los autores CRAVIOTTO y ARANGO (2003), la clasificación de las semillas para la prueba de tetrazolio se da según la intensidad del color, la consistencia de tejidos

y la localización de las distintas áreas deterioradas o sanas. Apoyados en esta premisa, mencionado por estos autores, la viabilidad esta conformado por semillas que muestran signos de afecciones que no impide que el embrión desarrolle, esto permite diferenciar a la semilla con desarrollo normal.

De acuerdo con la prueba de Duncan ( $\alpha= 0.05$ ), se rechaza la hipótesis planteada, por lo tanto, se encontró diferencias estadísticas significativas entre las tres pruebas de viabilidad y vigor, es decir, que la respuesta de los estados de la semilla para la prueba de germinación en rollos fue diferente y superior sobre la respuesta del estado de la semilla para la prueba de tetrazolio, y esta, diferente y superior sobre la respuesta del estado de la semilla para la prueba de frío en relación a la variable número de plántulas anormales.

#### **4.1 Pruebas de laboratorio**

##### **4.1.1 De la prueba de germinación en rollos**

Al analizar la germinación en rollos (mostrados en el Cuadro 15 y 16 del anexo), las anormalidades que presentaron las plántulas de acuerdo con lo establecido por PERETTI (1994), se observa que, en ambos estados de semillas fueron similares. Sin embargo esa similitud sólo tiende a igualarse para cotiledones necróticos y caso similar para raíz primaria atrofiada. Para semillas secas muestran hipocotilos con hendiduras en mayor porcentaje.

En el Cuadro 6 se muestran los resultados para la prueba de germinación en rollos para ambos estados de la semilla. Para el número de plántulas normales y número total de semillas germinadas, se aprecia una

importante diferencia entre ambos estados de la semilla. Esto permite calificar a la semilla del estado fresca como el mejor y al otro estado de la semilla seca como el peor.

**Cuadro 6.** Promedio del número de plántulas normales (NPN) y número total de semillas germinadas (NTSG) según la prueba de germinación en rollos.

| Repetición<br>( 50 sem./r) | Estados de la semilla |    |      |     |      |    |      |    |
|----------------------------|-----------------------|----|------|-----|------|----|------|----|
|                            | Fresca                |    |      |     | Seca |    |      |    |
|                            | NPN                   | %  | NTSG | %   | NPN  | %  | NTSG | %  |
| <b>r1</b>                  | 35                    | 70 | 50   | 100 | 36   | 72 | 49   | 98 |
| <b>r2</b>                  | 40                    | 80 | 48   | 96  | 28   | 56 | 47   | 94 |
| <b>Promedio</b>            | 37.5                  | 75 | 49   | 98  | 32   | 64 | 48   | 96 |

Para el estado de la semilla fresca se muestra que el promedio del porcentaje para número de plántulas normales (porcentaje de germinación) es inferior a lo aceptado en el mercado nacional (85%). El promedio del porcentaje del número total de semillas germinadas se encuentra cercano al 100%, lo cual implica un aceptable porcentaje de viabilidad de la semilla.

En la repetición dos del estado fresca (Cuadro 15 del anexo) se obtuvo un mayor resultado en el primer conteo que en el segundo, debido a que las plántulas consideradas normales en el primer conteo manifestaron su

anormalidad en el último conteo, resultado similar mostró el trabajo realizado por BARROS (2003). Sin embargo, se debe ser cauto al considerar la utilidad de esta prueba como un índice de vigor, ya que esta sujeta a algún grado de subjetividad por parte del analista.

Para el estado de la semilla seca el promedio de plántulas normales es inferior al del estado de la semilla fresca, por lo que se califica al estado seco como una semilla de baja calidad fisiológica y física. En lo que concierne al número total de semillas germinadas, guarda corta diferencia frente al estado de la semilla fresca. Estos resultados nos permiten deducir que la prueba de germinación en rollos no necesariamente nos da una idea real del vigor de la semilla ya que en ambos estados de semilla hay un alto porcentaje total de semillas germinadas.

El primer y último conteo realizado a los 4 y 12 días respectivamente después de la instalación, (Cuadro 16 del anexo) nos da como resultado según las condiciones de calidad fisiológica encontradas en los estados de la semilla. Los valores obtenidos en el segundo conteo fueron superiores a los del primer conteo debido a que aun no habían germinado a los 4 días, contando con el tiempo necesario para hacerlo. Para el caso de las semillas de estado fresco en cambio mostraron baja diferencia entre la primera y segunda evaluación. Esta observación confirma que el periodo de 4 días resulta suficiente para que la semilla de soya manifieste su potencial germinativo en relación con el vigor, resultados similares fueron obtenidos por el autor ALIZAGA (1987).

En el Cuadro 7 se muestra los resultados de la desviación estándar con sus respectivos coeficientes de variación que se muestra bajo. Mostrando que los coeficientes de variación menores se da para el número total de semillas germinadas en ambos estados de la semilla.

La excelente homogeneidad de varianza que muestra la variable número de semillas germinadas dentro del estado de la semillas fresca es producida por la baja dispersión ya que existe entre los datos con respecto a la media. De manera similar se da para es estado de la semilla seca.

**Cuadro 7.** Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del número de plántulas normales (PN) y total germinadas (TG) según la prueba de germinación en rollos.

| <b>Estados de la semilla</b> | <b>Variabes</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Coficiente de variación</b> |
|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Fresca</b>                | <b>NPN</b>      | 37.5            | 3.54                       | 9.43                           |
|                              | <b>NTSG</b>     | 49.0            | 1.41                       | 2.89                           |
| <b>Seca</b>                  | <b>NPN</b>      | 32.0            | 3.54                       | 12.41                          |
|                              | <b>NTSG</b>     | 48.0            | 1.41                       | 2.95                           |

La realización de pruebas similares que realicen una medición más acertada de la calidad podría ser de poco valor para estos estados de semilla, sin embargo el proceso de deterioro puede ocurrir antes de ser visualizadas las variaciones detectables presenten con comportamientos diferentes cuando se siembran bajo idénticas condiciones sin estrés en el campo. En este caso es necesario evaluar el vigor, lo que confirma lo establecido por SALINAS (2001).

#### 4.1.2 De la prueba topográfica por tetrazolio

La prueba de tetrazolio, verifica viabilidad y vigor, dando a conocer los daños y el origen de estos. De la prueba topográfica por tetrazolio se muestra los resultados en el Cuadro 8 y 9:

En el Cuadro 8 se muestra los resultados de la prueba de tetrazolio para ambos estados de la semilla, tanto para el número de semillas viables, número de semillas vigorosas y número de plántulas normales, en el cual se muestra que el estado de semillas fresca mostró mejores resultados que la del estado de la semilla seca, esto le podemos atribuir a la mejor calidad física y fisiológica en la que se encuentra el estado de la semilla fresca.

**Cuadro 8.** Promedio del número de semillas viables (NSVb), número de semillas vigorosas (NSVg) y numero de plántulas normales (NPN) según la prueba por tetrazolio.

| Repetición<br>( 50 sem./r) | Estados de la semilla |    |      |    |      |    |      |    |      |    |     |    |
|----------------------------|-----------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|-----|----|
|                            | Fresca                |    |      |    |      |    | Seca |    |      |    |     |    |
|                            | NSVb                  | %  | NSVg | %  | NPN  | %  | NSVb | %  | NSVg | %  | NPN | %  |
| <b>r1</b>                  | 47                    | 94 | 19   | 38 | 38   | 76 | 41   | 82 | 12   | 24 | 27  | 54 |
| <b>r2</b>                  | 49                    | 98 | 15   | 30 | 39   | 78 | 46   | 92 | 12   | 24 | 33  | 66 |
| <b>Promedio</b>            | 48                    | 96 | 17   | 34 | 38.5 | 77 | 43.5 | 87 | 12   | 24 | 30  | 60 |

Los resultados para el estado de la semilla fresca para el número de semillas viables se encuentra cercano al 100% de viabilidad total ,dentro de esta se encuentra incluidas las semillas con viabilidad sin defectos, defectos leves, defectos moderados y severos, que en su mayor porcentaje se tiene a las

semillas sin defectos y defectos leves. Para el caso del número de semillas vigorosas que se encuentra conformado por aquellas semillas que no muestran ningún tipo de defectos. Para el número de plántulas normales que se encuentra conformado por aquellas semillas que no muestran defectos y las que muestran defectos leves (vigor medio), como se muestra en los Cuadros 17 y 18 del anexo.

Para el estado de la semilla seca quienes conforman el mayor porcentaje dentro del número de semillas viables son las que no muestran defectos y aquellas semillas con defectos leves, pero el porcentaje de semillas con defectos moderados y severos aumenta (cuadros 19 y 20 del anexo). Esto explica que los resultados obtenidos en la prueba de germinación en rollos y su retardo en la germinación al primer conteo tomado como semillas fresca vivas, se encuentra expresado como disminución del vigor.

Tanto el número de semillas vigorosas como el número de plántulas normales fue inferior a las del estado de la semillas fresca. Esta alteración de la calidad fisiológica de las semillas esta dada principalmente por daños de origen mecánico y ambiental. Este resultado identifica al estado seca como una semilla de baja calidad fisiológica, producida por malos manejos en la poscosecha (almacenamiento bajo condiciones desfavorables).

La reducción de la velocidad como se muestra en la emergencia en campo y para la prueba de frío, desde un punto fisiológico, nos basamos en que las semillas más deterioradas son menos capaces de utilizar la energía almacenada en sus tejidos de reserva, lo que confirma lo establecido por

ALIZAGA (1987). De la misma manera DELOUCHE (1969), indica que se presenta en ellas un daño en los mecanismos de producción energética y de biosíntesis de sus reservas.

En el Cuadro 9 se muestra los resultados coeficientes de variación y la desviación estándar. Estas funciones estadísticas son bajas, mostrando excelente, muy buena y buena homogeneidad de varianza.

La excelente homogeneidad de varianza que muestra la variable número de semillas germinadas dentro del estado de la semillas fresca es producida por la baja dispersión dada que existe entre los datos con respecto a la media. De manera similar se da para es estado de la semillas seca.

En el estado de la semilla fresca, se obtiene como resultado que para el número de semillas vigorosas tiene una mayor dispersión de datos dando un coeficiente de variación con buena homogeneidad de varianza. Esta dispersión de datos, tiene como explicación que a través de este tipo de prueba se puede obtener en el vigor resultando variables y más aun si el criterio de evaluación de las semillas por coloración y ubicación de la misma no es acertada tal como lo confirma ARANGO y CRAVIOTTO (2006).

Para el estado de la semilla seca para el número de plántulas normales su coeficiente de variación muestra muy buena homogeneidad de varianza, mientras que las demás variables presentan excelente homogeneidad de varianza.

**Cuadro 9.** Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del número de semillas viables (NSVb), número de semillas vigorosas (NSVg) y número de plántulas normales (NPN) según la prueba de tetrazolio.

| <b>Estados de la semilla</b> | <b>Variabes</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Coeficiente de variación</b> |
|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------|
| <b>Fresca</b>                | <b>NSVb</b>     | 48.0            | 2.83                       | 2.95                            |
|                              | <b>NSVg</b>     | 17.0            | 5.66                       | 16.64                           |
|                              | <b>NPN</b>      | 38.5            | 1.41                       | 1.84                            |
| <b>Seca</b>                  | <b>NSVb</b>     | 43.5            | 7.07                       | 8.13                            |
|                              | <b>NSVg</b>     | 12.0            | 0.00                       | 0.00                            |
|                              | <b>NPN</b>      | 30.0            | 8.49                       | 14.14                           |

La excelente homogeneidad de varianza que se muestra para el número de semillas vigorosas, producida por una desviación estándar que identifica a los datos sin dispersión o variabilidad con respecto a la media, ya que el número de repeticiones es el mínimo, y como resultado la igualación numérica de ambas repeticiones para el estado de la semilla seca.

#### **4.1.3 De la prueba de frío**

En el Cuadro 10 se muestra el resultado de la prueba de frío para el número de plántulas normales, total de plántulas emergidas y número de plántulas vigorosas, estos resultados no muestran ningún grado de relación con los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, ya que estos se muestran muy bajos.

**Cuadro 10.** Promedios del número de plántulas normales (NPN), total de plántulas emergidas (TPE) y número de plántulas vigorosas (NPVg) y la velocidad de emergencia (VE), según la prueba de frío.

| Repetición<br>( 50 sem./r) | Estados de la semilla |    |     |    |      |    |      |    |      |    |      |    |
|----------------------------|-----------------------|----|-----|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
|                            | Fresca                |    |     |    |      |    | Seca |    |      |    |      |    |
|                            | NPN                   | %  | TPE | %  | NPVg | %  | NPN  | %  | TPE  | %  | NPVg | %  |
| <b>r1</b>                  | 14                    | 28 | 22  | 44 | 19   | 38 | 9    | 18 | 13   | 26 | 10   | 20 |
| <b>r2</b>                  | 10                    | 20 | 16  | 32 | 13   | 26 | 4    | 8  | 10   | 20 | 7    | 14 |
| <b>Promedio</b>            | 12                    | 24 | 19  | 38 | 16   | 32 | 6.5  | 13 | 11.5 | 23 | 8.5  | 17 |
| <b>VE</b>                  | 11.23                 |    |     |    |      |    | 6.31 |    |      |    |      |    |

El estado de la semilla fresca muestra resultados bajos en comparación con las pruebas de laboratorio anteriores, resultados que nos dan a entender que las semillas del estado fresca han sido de calidad física y fisiológica baja; este resultado contradice los resultados de las pruebas anteriores (prueba de germinación en rollos y tetrazolio). Esta respuesta le podemos atribuir a las condiciones desfavorables en las que se desarrolla esta prueba o a la susceptibilidad de estas variedades bajo estas condiciones adversas.

Estas condiciones en su conjunto producen un efecto de retardo de la actividad metabólica de la semilla. Por tanto la semilla va a sufrir una mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos causantes de pudrición, tal como lo especifica FUNDEAGRO (1989).

Unos de los factores adversos es el exceso de humedad en el sustrato de germinación produciría alteraciones en el flujo del agua hacia el interior de la semilla, aumentando el potencial de turgencia de las células internas de la semilla y por tanto la ruptura de las paredes celulares tal como lo acredita AZCON y TALON (1993), consecuencia de esto la semilla se encuentra predispuesta a ser infectada por patógenos del ambiente donde se desarrolla.

Para el estado de la semilla seca se obtuvo resultados bajos en relación a las respuestas producidas en las pruebas de germinación en rollos y tetrazolio, mostrando diferencias significativas. La respuesta de este estado frente a esta prueba fue inferior a la obtenida por el estado de la semilla fresca.

Esta diferencia marcada no le podemos atribuir al estado fisiológico en el que se encontraban ambos lotes de semilla, ya que los dos fueron sometidos a las mismas condiciones en el desarrollo de la prueba. Por el contrario, calificar con mal estado fisiológico es contraproducente ya que los resultados obtenidos tanto en la prueba de germinación como en la de tetrazolio permiten no aceptar esta observación.

La baja emergencia, disminución drástica de la velocidad de emergencia y la alta mortandad de semillas por pudrición en ambos estados de la semilla, le podemos atribuir a la incompatibilidad de la soya que es muy susceptible a altos niveles de humedad tal como menciona PERETTI (1994), y como consecuencia de esta susceptibilidad, una mejor acción de patógenos del

suelo sobre la semilla. Además las células dañadas producen compuestos que son buenos sustratos para el desarrollo de patógenos, tal como lo verifica BARROS (2003).

Como resultado, hubo un alto porcentaje de semillas muertas para ambos estados, atribuyéndole a los factores de alta humedad y baja temperatura.

En el Cuadro 11 se presenta la desviación estándar y los coeficientes de variación para el número de plántulas normales, total de plántulas emergidas y número de plántulas vigorosas, estas variables muestra dispersión o variabilidad mas alta de las pruebas realizadas en laboratorio, este resultado se da como respuesta de la interacción de la prueba con ambos estados de la semilla.

**Cuadro 11.** Promedio, mediana, desviación estándar y del coeficiente de variación del numero de plántulas normales (NPN), total de plántulas emergidas (TPE) y número de plántulas vigorosas (NPVg) según al prueba de frío.

| <b>Estados de la semilla</b> | <b>VARIABLES</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Coficiente de variación</b> |
|------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Fresca</b>                | <b>NPN</b>       | 12              | 2.83                       | 23.57                          |
|                              | <b>TPE</b>       | 19              | 4.24                       | 22.33                          |
|                              | <b>NPVg</b>      | 16              | 4.24                       | 26.52                          |
| <b>Seca</b>                  | <b>NPN</b>       | 6.5             | 3.54                       | 54.39                          |
|                              | <b>TPE</b>       | 11.5            | 2.12                       | 18.45                          |
|                              | <b>NPVg</b>      | 8.5             | 2.12                       | 24.96                          |

Para el estado de la semilla fresca, los resultados de las variables, número de plántulas normales y total de plántulas emergidas presentan regular homogeneidad de varianza, y para el número de plántulas vigorosas se muestran resultados irregulares, nos da a entender que los resultados son muy variables o existe dispersión resaltante entre las respuestas obtenidas en ambas repeticiones.

Para el estado de la semilla seca se muestran resultados del coeficiente de variación, para número de plántulas normales con resultados muy irregulares, esta respuesta de este estado de la semilla frente a esta prueba es baja en número de plántulas normales para cada repetición y con alta variabilidad con respecto a la media. Para las variables total de plántulas emergidas y número de plántulas vigorosas muestran buena y regular homogeneidad de varianza respectivamente

Según PERETTI (1994), un porcentaje de emergencia de 70 % demuestra un buen vigor, tomando en cuenta los resultados obtenidos de vigores sumamente bajos para ambos tipo de semilla.

#### **4.2 De la emergencia en campo bajo cubierta.**

Al evaluar la emergencia en campo de los dos estados de semilla se observó algunas anomalías consideradas en la prueba de germinación como es el caso de la aparición de cotiledones necróticos en mayor porcentaje para ambos tipos de semillas. Esta apreciación se da ya que bajo condiciones de

laboratorio y campo los cotiledones se muestran con afecciones que superan el 50 % del total, de lo que podemos deducir que la acción del sustrato de campo sobre los cotiledones y su necrosamiento muestran una leve interacción positiva de afección, no obstante, esta relacionado con el grado de calificación del mismo.

En el Cuadro 12 se presentan los resultados de la emergencia en campo, para ambos estados de la semilla del número de plántulas normales y total de plántulas emergidas y la velocidad de emergencia tanto para el estado de la semilla fresca como para el estado de la semilla seca.

**Cuadro 12.** Promedios del número de plántulas normales (NPN), total de plántulas emergentes (TPE) y velocidad de emergencia (VE) según la emergencia en campo bajo cubierta.

| Repetición<br>( 50 sem./r) | Estados de la semilla |     |      |     |       |     |      |     |
|----------------------------|-----------------------|-----|------|-----|-------|-----|------|-----|
|                            | Fresca                |     |      |     | Seca  |     |      |     |
|                            | NPN                   | %   | TPE  | %   | NPN   | %   | TPE  | %   |
| <b>r1</b>                  | 33                    | 66  | 44   | 88  | 24    | 48  | 42   | 84  |
| <b>r2</b>                  | 36                    | 72  | 41   | 82  | 28    | 56  | 41   | 82  |
| <b>Total</b>               | 69                    | 138 | 85   | 170 | 52    | 104 | 83   | 166 |
| <b>Promedio</b>            | 34.5                  | 69  | 42.5 | 85  | 26    | 52  | 41.5 | 83  |
| <b>VE</b>                  | 19.90                 |     |      |     | 17.23 |     |      |     |

Se muestra que la semilla fresca en campo bajo cubierta obtuvo un 85 % de plántulas emergidas y un 69 % de plántulas normales, los cuales fueron

superiores a los obtenidos por las semillas del estado seca, y se muestra con mayor porcentaje en el número de plántulas normales. De esto, podemos decidir que las semillas del estado seca muestran un grado de viabilidad cercano al del estado de la semilla fresca, pero con respecto a la variable número de plántulas normales es diferente e inferior, lo que nos demuestra la baja calidad fisiológica de este estado de la semilla con respecto al vigor.

Se aprecia un aumento de anormalidades (Cuadros 21 y 22 del anexo) y de semillas muertas (totalmente necrosadas) en comparación con la prueba de germinación, y desuniformidad en la emergencia. Esta respuesta se predijo en la prueba de tetrazolio, en aquellas semillas de vigor medio y bajo, con daños cercanos a la zona cotiledonal. Podemos añadir que las semillas con daños en los tejidos de reserva retardan el uso del mismo y por consiguiente el desarrollo de la plántula y como consecuencia la malformación de la misma.

La diferenciación del vigor para ambos estados de la semilla también es demostrada con la velocidad de emergencia, ya que para el estado de la semilla fresca es superior, de manera similar se obtuvo resultados en la prueba de frío pero con un margen y diferencia mucho mayor al del obtenido en campo. Se decide que aquellos lotes de semillas con altos valores de vigor estarán en mejores condiciones de resistir esas situaciones ambientales y declinarán en calidad con menor velocidad que aquellos lotes con valores de vigor más bajos.

De estos resultados podemos decir que el estado de la semilla de mayor valor de vigor se comporta mejor en condiciones ambientales estresantes en el momento de la siembra y emergencia a campo, que los que tienen bajo vigor aunque los valores de poder germinativo de ambos estados sean semejantes, de manera similar es mencionado por los autores CRAVIOTTO y ARANGO (2003).

Podemos concluir que el vigor de las semillas, como atributo de calidad no constituye un componente inalterable, sino que sufre permanentes cambios con significado progresivamente negativo para la vida de la semilla. Estos cambios se tornan irreversibles, y la recuperación completa de un estado inicial de alto vigor es improbable.

En el Cuadro 13 se presentan los resultados de la desviación estándar y sus coeficientes de variabilidad, estos coeficientes de variabilidad muestran una excelente homogeneidad de varianza, a excepción del número de plántulas normales para el estado de la semilla no fresca que nos da como calificación estadística muy buena homogeneidad de varianza.

Estos resultados estadísticos se encuentran ligados a la desviación estándar y su grado de variabilidad o dispersión que muestran los resultados de las respuestas de los estados de la semilla frente a las condiciones de campo bajo cubierta.

**Cuadro 13.** Promedio, desviación estándar y del coeficiente de variación del número de plántulas normales (NPN) y total de plántulas emergentes (TPE) según la emergencia en campo.

| <b>Estados de la semilla</b> | <b>Variabes</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Coeficiente de variación</b> |
|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------|
| <b>Fresca</b>                | <b>NPN</b>      | 34.5            | 2.12                       | 6.15                            |
|                              | <b>TPE</b>      | 42.5            | 2.12                       | 4.99                            |
| <b>Seca</b>                  | <b>NPN</b>      | 26.0            | 2.83                       | 10.88                           |
|                              | <b>TPE</b>      | 41.5            | 0.71                       | 1.70                            |

Esta excelente y buena homogeneidad de varianza se da como resultado inesperado ya que bajos las condiciones desfavorables de campo los resultados muestran una mayor dispersión en comparación a las efectuadas en laboratorio.

De esto podemos deducir que, la respuesta de ambos estados de la semilla en condiciones a las que se sometieron en campo estuvo bajo cierto grado de control de factores adversos, como sucedió con las altas precipitaciones. Pruebas preliminares en condiciones netamente de campo dieron resultados sumamente bajos, tal es así que no permitía su evaluación. Por tanto el riego tuvo que ser controlado.

#### **4.3 Correlación entre las pruebas de laboratorio y campo.**

En el Cuadro 14 se muestran los resultados de los coeficientes de correlación para las pruebas de germinación, prueba de tetrazolio y prueba de frío en comparación con la emergencia en campo para los dos estados de la semilla.

**Cuadro 14.** Coeficientes de correlación entre las pruebas de laboratorio y la emergencia en campo (EC).

| <b>Pruebas de laboratorio</b>       | <b>Coefficiente de Correlación</b> |                     |
|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
|                                     | <b>Semilla fresca</b>              | <b>Semilla seca</b> |
| <b>Prueba de germinación Vs. EC</b> | 0.74                               | 0.47                |
| <b>Prueba de tetrazolio vs. EC</b>  | 0.74                               | 0.56                |
| <b>Prueba de frío Vs. EC</b>        | 0.88                               | 0.52                |

Cuando los lotes de semillas son parecidos en cuanto a su calidad, la prueba de germinación estándar es incapaz de clasificarlos, ya que no es sensible a las diferencias potenciales que puedan existir entre ellos (BARROS, 2003). Frente a éstos, una prueba de vigor se puede transformar en algo muy importante porque permite que se manifiesten las diferencias que están latentes entre los lotes, y las detecta.

En el caso de las semillas utilizadas en este estudio, la gran diferencia de calidad que existía entre los lotes hizo que la prueba de germinación estándar fuera suficiente para detectar, clasificar bien los lotes y entregar una correlación positiva con el porcentaje de emergencia en campo

Además, como la exigencia de evaluación que se usó en esta prueba fue muy alta, hizo que aumentara la sensibilidad de la prueba de germinación estándar para detectar las diferencias entre los lotes, haciendo que su

comportamiento fuese como el de una buena prueba de vigor y, por lo tanto, permitió obtener una buena correlación con el porcentaje de emergencia en campo.

En ambos estados de la semilla fresca y seca, se obtuvieron correlaciones positivas con un tanto inferior en la segunda, determinando que la prueba de germinación en rollos tiene buena sensibilidad en la correlación con la emergencia en campo, tal como lo demuestra BARROS (2003).

BAUER (2003), concluye que las pruebas de vigor predicen mejor el desempeño a campo que los de germinación cuando las condiciones de la cama de siembra no son las ideales, y que cuando esas condiciones se deterioran demasiado, ninguna prueba puede predecir la emergencia de manera confiable

La prueba de tetrazolio mostró mayor sensibilidad que la prueba de germinación en rollos ya que en el estado de la semilla seca su correlación con campo fue mayor, esto ubica a la prueba de tetrazolio como la que mejor correlaciona con campo, resultados similares fueron mostrados por BAUER (2003).

En la prueba de frío a pesar de haber mostrado resultados bajos de vigor para ambos estados de la semilla (Cuadro 10), se obtuvo la mayor correlación en el estado de semilla fresca más no en el estado de semilla seca que resultó inferior a la de la prueba por tetrazolio y superior a la de germinación en rollos.

Estos resultados demuestran que las condiciones de alta humedad y baja temperatura acentúan las diferencias entre los lotes de semilla y la relación con la emergencia en campo, a pesar que soya muestra mucha susceptibilidad a altas concentraciones de humedad, también demostrado por los autores GIANCHINO y GALLY (2004).

Finalmente, se puede señalar que la correlación de una prueba de vigor puede ser mejor o peor según las condiciones de campo en que las semillas vayan a ser sembradas o utilizadas. Es por esto que cada prueba de vigor sería específica según el cultivo en el que se aplique y las condiciones de campo donde este se siembre.

Por lo tanto, para los lotes de semilla de soya que aquí se evaluaron, la prueba que mejor se correlacionó con la emergencia en campo fue la prueba de tetrazolio. A todo esto, sumado a las ventajas propias de esta prueba, como: rapidez, simpleza, economía y eficiencia, la convierten en una prueba de viabilidad y vigor posible de usar en forma estandarizada y masiva.

Así, una combinación de los resultados de la prueba de germinación en rollos y la prueba de tetrazolio entregaron un buen análisis de la emergencia y el vigor de los lotes de semillas de soya.

## V. CONCLUSIONES

De los resultados presentados y discutidos se concluye lo siguiente

1. La prueba de germinación en rollos pierde sensibilidad cuando los lotes poseen una calidad fisiológica similar y cuando las condiciones de campo son óptimas. Así también, algunas pruebas de vigor son más sensibles que la prueba de germinación en rollos, porque son capaces de hacer que se manifiesten las diferencias intrínsecas de los lotes.
2. La evaluación de la viabilidad y el vigor a través de la prueba de tetrazolio permitió un reconocimiento topográfico de las zonas donde se produce el daño que sufre la semilla. Así, en la semilla fresca se tuvo 96% de viabilidad y 34% de semillas altamente vigorosas, mientras que en la semilla seca se obtuvo valores de 87% y 24% para la viabilidad y vigor respectivamente.
3. Las pruebas de frío y prueba de tetrazolio de las semillas de soya al estado fresco al ser correlacionadas con emergencia en campo, tuvieron coeficientes de correlación alta de 0.88 y 0.74 respectivamente.
4. Las pruebas de frío y prueba de tetrazolio de las semillas de soya al estado seca, al ser correlacionadas con emergencia en campo tuvieron coeficientes de correlación media de 0.52 y 0.56 respectivamente.

5. Todas las pruebas de laboratorio correlacionaron positivamente con el porcentaje de emergencia en campo. La prueba de germinación en rollos se puede hacer uso en unión con la prueba de tetrazolio para obtener un buen análisis de viabilidad y vigor, prediciendo el comportamiento en la emergencia y desarrollo de las semillas de soya.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 1.** Proseguir con la realización de nuevos ensayos más completos con otras variedades de soya, validando y difundiendo estos ensayos.
- 2.** Se sugiere introducir innovaciones a estas pruebas considerando la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento de las semillas de soya.
- 3.** Incluir otras variables de medición relacionadas a la longitud de hipocotilo, número de hojas verdaderas, porcentaje de materia seca, entre otros.

## **VII. RESUMEN**

Se evaluó la correlación entre las diferentes pruebas de viabilidad y vigor con la emergencia, el desarrollo de las plántulas en el campo bajo cubierta y su establecimiento de semillas de soya. Semillas con dos estados una fresca y otra seca obtenida del mercado comercial.

En laboratorio se realizaron evaluaciones del porcentaje de germinación bajo el método del rollo a los 4 y 12 días después de la instalación, junto a estas plantas normales y anormales, vigor (prueba de frío), sumado a esta última la viabilidad y vigor por la prueba de tetrazolio.

En el campo, la emergencia de las plantas (6, 10 y 14 días después de la siembra) mostró una reducción positiva conforme se reduce el vigor y como muestra el aletargamiento de la velocidad de emergencia de la semilla de soya. En el porcentaje de plántulas anormales se presentó un patrón definido en que a mayor porcentaje de plántulas normales es mayor conforme disminuye el vigor. Las diferencias resaltantes que se encontraron entre un estado y otro de la semilla de soya en razón a los defectos. Un fuerte efecto de esto se dio en los porcentajes bajos de establecimiento en campo.

Estas pruebas de viabilidad y vigor realizadas en laboratorio han mostrado una correlación positiva con la emergencia en campo. La prueba de germinación

en rollos mostró una correlación positiva de 0.74 y 0.47 para el estado de semillas fresca y seca respectivamente, en la prueba de tetrazolio se presentaron correlaciones positivas de 0.74 y 0.56 para el estado de la semilla fresca y no fresca respectivamente y por ultimo para la prueba de frío se mostró una correlación positiva de 0.88 y 0.52 para los estados de la semilla fresca y seca respectivamente.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ALIZAGA, G. y ALIZAGA, R. 1987. Evaluación del vigor de la semilla de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) y su relación con la emergencia y el rendimiento. Costa Rica. 203 p.
2. ARANGO, M. y CRAVIOTTO, R. 2006. Calidad de semillas de soja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, artículo de investigación. Estación Experimental Oliveros. Santa Fe, Argentina. 5 p.
3. AZCON-B, J. y TALON, M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal, impreso en edigrafos c/ Edison, 23 Polígono Industrial San Marcos 28906 Getafe Madrid, España. 581 p.
4. BARBOZA, R., J. 1990. El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. Costa Rica. 8 p.
5. BARROS, W. M. 2003. Pruebas de Vigor en Semillas de Lechuga y su Correlación con Emergencia, artículo de investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile Casilla 306-22, Santiago, Chile. 53 p.
6. BAUER, G. 2003. Germinación y vigor de semillas de soja del grupo de maduración III cosechadas bajo diferentes condiciones climáticas, trabajo de investigación (<http://www.scielo.br/cielo.php=sci&pid=S0101>)

7. CRAVIOTTO, R. y ARANGO, M. 2004. Sin semilla de calidad ningún sistema es sustentable. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, artículo de investigación. Estación Experimental Oliveros. Santa Fe, Argentina. 5 p.
8. CRAVIOTTO, R. y ARANGO, M. 2005. Simiente de soja: nuevos patrones en gestión de calidad por tetrazolio. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, artículo de investigación. Estación Experimental Oliveros Santa Fe, Argentina. 5 p.
9. DELOUCHE, James C. 1969. Germinación, deterioro, y vigor de semillas Prof., artículo de investigación. Emérito de Mississippi State University/EUA. ([www.seednews.inf.br/espanhol/print\\_artigo66\\_esp.ht](http://www.seednews.inf.br/espanhol/print_artigo66_esp.ht))
10. FUNDACION PARA EL DESARROLLO DEL AGRO (FUNDEAGRO). 1989. Manual para el control de calidad de semillas. Lima, Perú. 210 p.
11. GALLO, C. 2006. Calidad de semillas de soya versus ambiente y chinches. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR. Agro entrevista a una graduada. 6 p.
12. GIACHINO, V. y GALLY, T. 2004. Evaluación de ensayos de vigor en semillas de soja de distinta calidad y su correlación con la emergencia a campo, trabajo de investigación, Departamento de tecnología. ([www.unlu.edu.ar/jorcyt2004/tecnologia/hoja10.html](http://www.unlu.edu.ar/jorcyt2004/tecnologia/hoja10.html)).

13. MARQUEZ, M. 2003. Manual de laboratorio para el análisis y la certificación de semillas. CENIAP. Maracay, Venezuela.([www.ceniap.gop.ve/ceniaphoy/articulo/n1/ htm](http://www.ceniap.gop.ve/ceniaphoy/articulo/n1/htm)).
14. MOREIRA DE C. Nelson. 1988. Semillas ciencia, tecnología y producción. Artículo de investigación. Joao Nakagawa. Edit. Agropecuaria Hemisferio Sur SRL. Uruguay. 20 p.
15. OBANDO, A. y GOMES, J. 2000. Fenología y propagación de plántulas de *Plukenetia volúbilis*, *Oenocarpus bataua*, *Eschweilera* sp. y otras especies de interés como productos forestales no maderables. CORPOICA. Regional Caquetá. 57 p.
16. PERETTI, Ana. 1994. Manual para el análisis de semillas. 1° Edic. Buenos Aires, Perú. Edit. Hemisferio Sur. 282 p.
17. QUIROS, O. W. y CARRILLO, A. O. 1996. La importancia del insumo semilla de buena calidad, artículo de investigación. Oficina Nacional de Semillas.8 p.
18. SALINAS, A. R; YOLDJIAN, A. M. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesq. Agropec. Brás.*, Brasilia, v. 36, n. 2, p. 371-379: (<http://www.scielo.br/pdf/a/v36n2/a22v36n2.pdfDocum>).
19. LANUSSE, M. 1998. Cuaderno de actualización técnica ([ww.oni.escuelas.edu.ar/olim98/SupSoja/La%20semillatexo.htm-35k](http://ww.oni.escuelas.edu.ar/olim98/SupSoja/La%20semillatexo.htm-35k)).

20. UNALM, 2004. Boletín informativo sobre investigación de hidroponía y nutrición mineral (<http://ww.lamolina.edu.pe/hidropo/boleti12document>) publicado el 29 Oct. 2006.
  
21. WIKIPEDIA, 2001. Artículo Glycine max. ([http://es.wikipedia.org/Glycine max.](http://es.wikipedia.org/Glycine_max.)) publicado el 19 de abril del 2007.

## **IX. ANEXO**

**Cuadro 15.** Prueba de germinación en rollos para soya del estado frescas.

| <b>Análisis de germinación</b> |          |          |                |           |         |     |                  |     |     |     |    |    |     |
|--------------------------------|----------|----------|----------------|-----------|---------|-----|------------------|-----|-----|-----|----|----|-----|
| Nº de muestra : 1              |          |          | Especie : Soya |           |         |     | Anormales        |     |     |     |    |    |     |
| Resultados (%)                 |          |          |                |           |         |     | I                | II  | III | IV  | V  | VI | VII |
| Nº días                        | Normales | Duras    | Frescas        | Anormales | Muertas | 1.  | 5                |     |     |     |    |    |     |
| 12                             | 75       | 0        | 0              | 23        | 2       | 2.  |                  |     |     |     |    |    |     |
| Fecha instalación              | 1.       | 2.       | 3.             | 3.        | 3       |     |                  |     |     |     |    |    |     |
| 21/01/07                       | 25/01/07 | 29/01/07 | 02/01/07       | 4.        | 1       |     |                  |     |     |     | 1  |    |     |
| Número de semillas ensayadas   | Estado   |          |                |           | 5.      |     |                  |     |     |     |    |    |     |
| 100                            | Fresca   |          |                |           | 6.      | 3   |                  | 7   |     |     |    |    |     |
| Nº días                        | Normales | Duras    | Frescas        | Anormales | Muertas | 7.  |                  |     |     |     |    |    |     |
| 1.                             | 34       | 0        | 1              | 15        | 0       | 8.  |                  |     |     |     |    |    |     |
| R1                             | 2.       | 34       | 0              | 0         | 16      | 0   | 9.               | 2   | 1   |     |    |    |     |
|                                | 3.       | 35       | 0              | 0         | 15      | 0   | 10.              |     |     |     |    |    |     |
| Total                          | 35       | 0        | 0              | 15        | 0       | 11. |                  |     |     |     |    |    |     |
| 1.                             | 41       | 0        | 2              | 7         | 0       | 12. |                  |     |     |     |    |    |     |
| R2                             | 2.       | 40       | 0              | 0         | 8       | 2   | 13.              |     |     |     |    |    |     |
|                                | 3.       | 40       | 0              | 0         | 8       | 2   |                  |     |     |     |    |    |     |
| Total                          | 40       | 0        | 0              | 8         | 2       |     |                  |     |     |     | R1 | R2 |     |
| T.G.                           | 98       |          |                |           |         |     | Primer conteo    | PG: | 68% | 82% |    |    |     |
| Promedio                       | 37.5     | 0        | 0              | 11.5      | 1       |     | Segundo conteo : | PG: | 70% | 80% |    |    |     |

**Cuadro 16.** Resultados de la prueba de germinación en rollos para soya en estado fresco.

| <b>Análisis de germinación</b> |          |                |          |           |         |           |                  |     |     |             |    |     |
|--------------------------------|----------|----------------|----------|-----------|---------|-----------|------------------|-----|-----|-------------|----|-----|
| Nº de muestra : 1              |          | Especie : Soya |          |           |         | Anormales |                  |     |     |             |    |     |
| Resultados (%)                 |          |                |          |           |         | I         | II               | III | IV  | V           | VI | VII |
| Nº días                        | Normales | Duras          | Frescas  | Anormales | Muertas | 1.        | 7                |     |     |             |    |     |
| 12                             | 64       | 0              | 2        | 32        | 2       | 2.        |                  |     |     | 1           |    |     |
| Fecha instalación              | 1.       | 2.             | 3.       | 3.        | 8       | 2         |                  |     |     |             |    |     |
| 21/01/07                       | 25/01/07 | 29/01/07       | 02/01/07 | 4.        |         |           |                  |     |     |             |    |     |
| Número de semillas ensayadas   |          |                |          | Estado    |         | 5.        |                  |     |     |             |    |     |
| 100                            |          |                |          | Fresca    |         | 6.        | 4                | 6   |     |             |    |     |
| Nº días                        | Normales | Duras          | Frescas  | Anormales | Muertas | 7.        |                  |     |     |             |    |     |
| 1.                             | 26       | 0              | 13       | 11        | 0       | 8.        |                  |     |     |             |    |     |
| R1 2.                          | 32       | 0              | 5        | 13        | 0       | 9.        | 2                |     |     |             |    |     |
| 3.                             | 36       | 0              | 0        | 13        | 1       | 10.       |                  |     |     |             |    |     |
| Total                          | 36       | 0              | 0        | 13        | 1       | 11.       |                  |     |     |             |    |     |
| 1.                             | 25       | 0              | 12       | 13        | 0       | 12.       | 2                |     |     |             |    |     |
| R2 2.                          | 27       | 0              | 5        | 18        | 0       | 13.       |                  |     |     |             |    |     |
| 3.                             | 28       | 0              | 2        | 19        | 1       |           |                  |     |     |             |    |     |
|                                |          |                |          |           |         |           |                  |     |     | Observación |    |     |
| Total                          | 28       | 0              | 2        | 19        | 1       |           |                  |     |     | R1          | R2 |     |
| T.G.                           | 95       |                |          |           |         |           | Primer conteo :  | PG: | 52% | 50%         |    |     |
| Promedio                       | 32       | 0              | 1        | 16        | 1       |           | Segundo conteo : | PG: | 62% | 56%         |    |     |

**Cuadro 17.** Resultados del análisis por tetrazolio para soya del estado frescas.

| Nº de muestra: 1             |                | Fecha de recepción : 18/12/06 |                    |                        |           |               |                   |       |       |           |
|------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|------------------------|-----------|---------------|-------------------|-------|-------|-----------|
| Cultivar : Soya              |                | Tipo: fresca                  |                    |                        |           | Repetición: 1 |                   |       |       |           |
| Nº de semillas ensayadas: 50 |                | Concentración : 0.05%         |                    | Tiempo de tinción : 3h |           |               | Temperatura: 30°C |       |       |           |
| Viabilidad × Tetrazolio      | Nº.de semillas | %                             | Vigor × Tetrazolio | %                      | Daños %   |               |                   |       |       |           |
|                              |                |                               |                    |                        | Mecánicos | Ambiente      | Chinches          | Otros | Duras |           |
| Viabes sin defectos          | 19             | 38                            | Vigor alto         | 38                     |           |               |                   |       |       |           |
| Viabes defectos leves        | 19             | 38                            | Vigor medio        | 38                     | 20        | 8             | 0                 | 0     | 0     | 38        |
| Viabes defectos moderados    | 9              | 18                            | Vigor bajo         | 18                     | 12        | 6             | 0                 | 0     | 0     | 18        |
| Viabes defectos severos      | 0              | 0                             | Límite crítico     | 0                      | 0         | 0             | 0                 | 0     | 0     | 0         |
| No viable                    | 3              | 6                             | No viable          | 6                      | 2         | 2             | 2                 | 0     | 0     | 6         |
| Porciento semillas viabes    | 47             | <b>94</b>                     | Vigor acumulado    | <b>94</b>              | 34        | 16            | 2                 | 0     | 0     | <b>62</b> |

**Cuadro 18.** Resultados del análisis por tetrazolio para soya del estado frescas.

| <b>Nº de muestra: 1</b>             |                       | <b>Fecha de recepción : 18/12/06</b> |                         |           |                               |                 |                      |                          |              |           |  |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|--------------|-----------|--|
| <b>Cultivar : Soya</b>              |                       |                                      | <b>Tipo: fresca</b>     |           |                               |                 | <b>Repetición: 2</b> |                          |              |           |  |
| <b>Nº de semillas ensayadas: 50</b> |                       | <b>Concentración : 0.05%</b>         |                         |           | <b>Tiempo de tinción : 3h</b> |                 |                      | <b>Temperatura: 30°C</b> |              |           |  |
| <b>Viabilidad × Tetrazolio</b>      | <b>Nº.de semillas</b> | <b>%</b>                             | <b>Vigor×Tetrazolio</b> | <b>%</b>  | <b>Daños %</b>                |                 |                      |                          |              |           |  |
|                                     |                       |                                      |                         |           | <b>Mecánicos</b>              | <b>Ambiente</b> | <b>Chinches</b>      | <b>Otros</b>             | <b>Duras</b> |           |  |
| Viabes sin defectos                 | 15                    | 30                                   | Vigor alto              | 30        |                               |                 |                      |                          |              |           |  |
| Viabes defectos leves               | 24                    | 48                                   | Vigor medio             | 48        | 28                            | 20              | 0                    | 0                        | 0            | 48        |  |
| Viabes defectos moderados           | 5                     | 10                                   | Vigor bajo              | 10        | 6                             | 0               | 2                    | 2                        | 0            | 10        |  |
| Viabes defectos severos             | 5                     | 10                                   | Límite crítico          | 10        | 4                             | 6               | 0                    | 0                        | 0            | 10        |  |
| No viable                           | 1                     | 2                                    | No viable               | 2         | 0                             | 2               | 0                    | 0                        | 0            | 2         |  |
| <b>Por ciento semillas viabes</b>   | <b>49</b>             | <b>98</b>                            | <b>Vigor acumulado</b>  | <b>98</b> | <b>38</b>                     | <b>28</b>       | <b>2</b>             | <b>2</b>                 | <b>0</b>     | <b>70</b> |  |

**Cuadro 19.** Resultados del análisis por tetrazolio para soya del estado no fresca.

| N° de muestra: 2             |                | Fecha de recepción : 18/12/06 |                  |           |                        |          |               |                   |       |           |  |
|------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------|-----------|------------------------|----------|---------------|-------------------|-------|-----------|--|
| Cultivar : Soya              |                | Tipo: no fresca               |                  |           |                        |          | Repetición: 1 |                   |       |           |  |
| N° de semillas ensayadas: 50 |                | Concentración : 0.05%         |                  |           | Tiempo de tinción : 3h |          |               | Temperatura: 30°C |       |           |  |
| Viabilidad × Tetrazolio      | N°.de semillas | %                             | Vigor×Tetrazolio | %         | Daños %                |          |               |                   |       |           |  |
|                              |                |                               |                  |           | Mecánicos              | Ambiente | Chinches      | Otros             | Duras |           |  |
| Viabiles sin defectos        | 12             | 24                            | Vigor alto       | 24        |                        |          |               |                   |       |           |  |
| Viabiles defectos leves      | 15             | 30                            | Vigor medio      | 30        | 8                      | 20       | 0             | 2                 | 0     | 30        |  |
| Viabiles defectos moderados  | 3              | 6                             | Vigor bajo       | 6         | 0                      | 4        | 2             | 0                 | 0     | 6         |  |
| Viabiles defectos severos    | 11             | 22                            | Límite crítico   | 22        | 4                      | 16       | 2             | 0                 | 0     | 22        |  |
| No viable                    | 9              | 18                            | No viable        | 18        | 14                     | 0        | 2             | 2                 | 0     | 18        |  |
| Porciento semillas viabiles  | 41             | <b>82</b>                     | Vigor acumulado  | <b>82</b> | 26                     | 40       | 6             | 4                 | 0     | <b>76</b> |  |

**Cuadro 20.** Resultados del análisis por tetrazolio para soya del estado no fresca

| N° de muestra: 2             |                |           | Fecha de recepción : 18/12/06 |           |                        |          |                   |       |       |           |
|------------------------------|----------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------------------|----------|-------------------|-------|-------|-----------|
| Cultivar : Soya              |                |           | Tipo: no fresca               |           |                        |          | Repetición: 2     |       |       |           |
| N° de semillas ensayadas: 50 |                |           | Concentración : 0.05%         |           | Tiempo de tinción : 3h |          | Temperatura: 30°C |       |       |           |
| Viabilidad × Tetrazolio      | N° de semillas | %         | Vigor×Tetrazolio              | %         | Daños %                |          |                   |       |       |           |
| Viabiles sin defectos        | 12             | 24        | Vigor alto                    | 24        | Mecánicos              | Ambiente | Chinches          | Otros | Duras |           |
| Viabiles defectos leves      | 21             | 42        | Vigor medio                   | 42        | 18                     | 20       | 4                 | 0     | 0     | 42        |
| Viabiles defectos moderados  | 11             | 22        | Vigor bajo                    | 22        | 4                      | 6        | 0                 | 4     | 0     | 12        |
| Viabiles defectos severos    | 2              | 4         | Límite crítico                | 4         | 0                      | 2        | 2                 | 0     | 0     | 4         |
| No viable                    | 4              | 8         | No viable                     | 8         | 6                      | 0        | 2                 | 0     | 0     | 8         |
| Por ciento semillas viabiles | 46             | <b>92</b> | Vigor acumulado               | <b>92</b> | 28                     | 28       | 8                 | 4     | 0     | <b>68</b> |

**Cuadro 21.** Resultados de la prueba de frío para soya del estado fresca.

| <b>Análisis de germinación</b> |          |                |          |         |           |     |       |             |   |    |     |
|--------------------------------|----------|----------------|----------|---------|-----------|-----|-------|-------------|---|----|-----|
| Nº de muestra : 1              |          | Especie : Soya |          |         | Anormales |     |       |             |   |    |     |
| Resultados (%)                 |          |                |          |         | I         | II  | III   | IV          | V | VI | VII |
| Nº días                        | Normales | Anormales      | Muertas  | 1.      | 5         | 5   |       |             |   |    |     |
| 12                             | 24       | 23             | 2        | 2.      |           |     |       |             |   |    |     |
| Fecha instalación              | 1.       | 2.             | 3.       | 3.      |           | 2   |       |             |   |    |     |
| 02/01/07                       | 13/01/07 | 16/01/07       | 19/01/07 | 4.      | 2         |     |       |             |   |    |     |
| Número de semillas ensayadas   |          | Estado         |          | 5.      |           |     |       |             |   |    |     |
| 100                            |          | Fresca         |          | 6.      |           |     |       |             |   |    |     |
| Nº días                        | Normales | Anormales      | Muertas  | 7.      |           |     |       |             |   |    |     |
| 1.                             | 14       | 3              | 0        | 8.      |           |     |       |             |   |    |     |
| R1                             | 2.       | 15             | 7        | 9.      |           |     |       |             |   |    |     |
|                                | 3.       | 14             | 8        | 10.     |           |     |       |             |   |    |     |
| Total                          | 14       | 8              | 28       | 11.     |           |     |       |             |   |    |     |
| 1.                             | 11       | 4              | 0        | 12.     |           |     |       |             |   |    |     |
| R2                             | 2.       | 10             | 6        | 13.     |           |     |       |             |   |    |     |
|                                | 3.       | 10             | 6        | 34      |           |     |       | Observación |   |    |     |
| Total                          | 10       | 6              | 34       | V.E. :  | 11.23     |     |       |             |   |    |     |
| T.E.                           | 38       |                |          |         | R1        | R2  | Prom. |             |   |    |     |
| Promedio                       | 12       | 7              | 31       | VIGOR : | 38%       | 26% | 32%   |             |   |    |     |

**Cuadro 22.** Resultados de la prueba de frió para soya del estado no fresca.

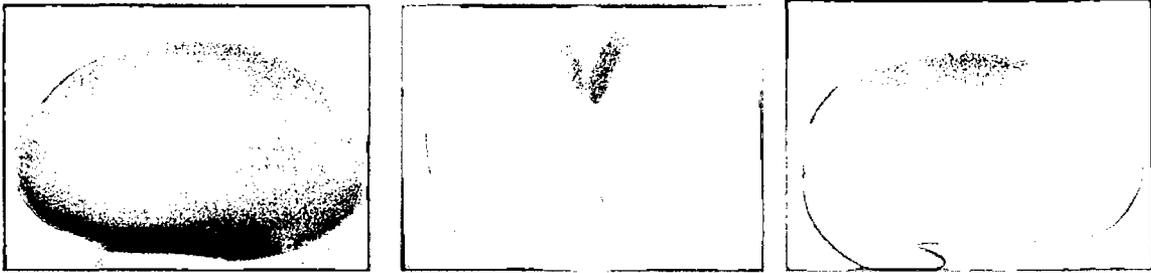
| <b>Análisis de germinación</b> |           |                |          |         |           |    |      |    |     |    |             |
|--------------------------------|-----------|----------------|----------|---------|-----------|----|------|----|-----|----|-------------|
| Nº de muestra : 2              |           | Especie : Soya |          |         | Anormales |    |      |    |     |    |             |
| Resultados (%)                 |           |                |          |         | I         | II | III  | IV | V   | VI | VII         |
| Nº días                        | Normales  | Anormales      | Muertas  | 1.      |           |    |      |    |     |    |             |
| 12                             | 14        | 10             | 76       | 2.      |           |    | 3    | 4  |     |    |             |
| Fecha instalación              | 1.        | 2.             | 3.       | 3.      |           |    |      |    |     |    |             |
| 02/01/07                       | 13/01/07  | 16/01/07       | 19/01/07 | 4.      |           | 1  |      |    |     |    |             |
| Número de semillas ensayadas   | Estado    |                |          | 5.      |           |    |      |    |     |    |             |
| 100                            | No fresca |                |          | 6.      |           |    | 1    |    |     |    |             |
| Nº días                        | Normales  | Anormales      | Muertas  | 7.      |           |    |      |    |     |    |             |
| 1.                             | 4         | 1              | 0        | 8.      |           |    |      |    |     |    |             |
| R1 2.                          | 10        | 3              | 0        | 9.      |           |    |      |    |     |    |             |
| 3.                             | 9         | 4              | 37       | 10.     |           |    |      |    |     |    |             |
| Total                          | 9         | 4              | 37       | 11.     |           |    |      |    |     |    |             |
| 1.                             | 4         | 6              | 0        | 12.     |           | 1  |      |    |     |    |             |
| R2 2.                          | 4         | 6              | 0        | 13.     |           |    |      |    |     |    |             |
| 3.                             | 4         | 6              | 40       |         |           |    |      |    |     |    | Observación |
| Total                          | 4         | 6              | 40       | V.E. :  |           |    | 6.13 |    |     |    |             |
| T.E.                           | 23        |                |          |         |           |    | R1   |    | R2  |    | Prom.       |
| Promedio                       | 7         | 5              | 38       | VIGOR : |           |    | 20%  |    | 14% |    | 17%         |

**Cuadro 23.** Resultados de la emergencia en campo bajo cubierta para soya del estado fresca.

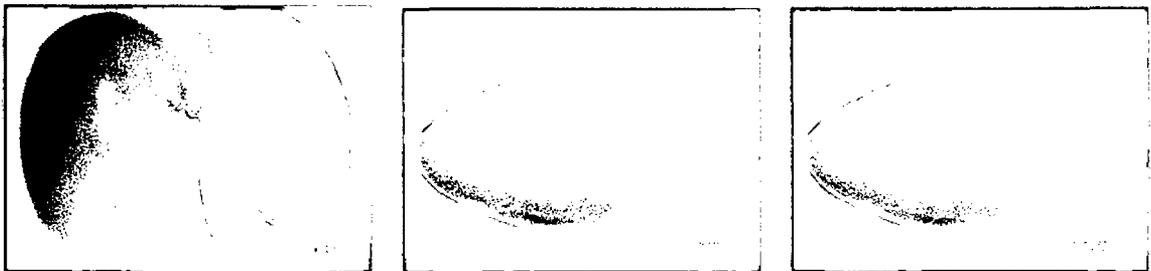
| <b>Análisis de germinación</b> |          |                |          |        |           |      |     |      |   |       |             |
|--------------------------------|----------|----------------|----------|--------|-----------|------|-----|------|---|-------|-------------|
| Nº de muestra : 1              |          | Especie : Soya |          |        | Anormales |      |     |      |   |       |             |
| Resultados (%)                 |          |                |          |        | I         | II   | III | IV   | V | VI    | VII         |
| Nº días                        | Normales | Anormales      | Muertas  | 1.     | 3         | 4    |     |      |   |       |             |
| 14                             | 69       | 21             | 10       | 2.     | 1         | 2    |     |      |   |       |             |
| Fecha instalación              | 1.       | 2.             | 3.       | 3.     |           | 2    |     |      |   |       |             |
| 13/01/07                       | 19/01/07 | 23/01/07       | 27/01/07 | 4.     |           |      |     |      |   |       |             |
| Número de semillas ensayadas   |          | Estado         |          | 5.     |           |      |     |      |   |       |             |
| 100                            |          | Fresca         |          | 6.     |           | 8    |     |      |   |       |             |
| Nº días                        | Normales | Anormales      | Muertas  | 7.     |           |      |     |      |   |       |             |
| 1.                             | 30       | 9              | 0        | 8.     |           |      |     |      |   |       |             |
| R1                             | 2.       | 32             | 11       | 0      | 9.        | 2    |     |      |   |       |             |
|                                | 3.       | 33             | 11       | 6      | 10.       |      |     |      |   |       |             |
| Total                          | 33       | 11             | 6        | 11.    |           |      |     |      |   |       |             |
| 1.                             | 37       | 7              | 0        | 12.    |           |      |     |      |   |       |             |
| R2                             | 2.       | 37             | 8        | 0      | 13.       |      |     |      |   |       |             |
|                                | 3.       | 36             | 10       | 4      |           |      |     |      |   |       | Observación |
| Total                          | 36       | 10             | 4        |        |           |      |     |      |   |       |             |
| T.E.                           | 90       |                |          |        |           | R1   |     | R2   |   | Prom. |             |
| Promedio                       | 34.5     | 10.5           | 5        | V.E. : |           | 18.5 |     | 21.3 |   | 19.9  |             |

**Cuadro 24.** Resultados de la emergencia en campo bajo cubierta para soya del estado seca.

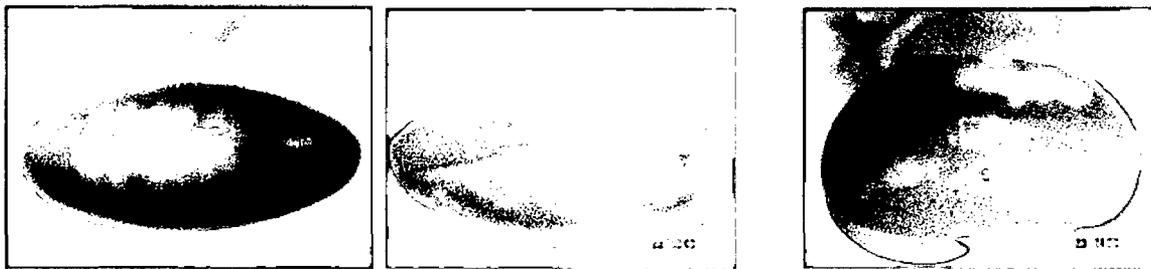
| <b>Análisis de germinación</b> |           |                |          |        |           |      |             |       |    |     |
|--------------------------------|-----------|----------------|----------|--------|-----------|------|-------------|-------|----|-----|
| Nº de muestra : 2              |           | Especie : Soya |          |        | Anormales |      |             |       |    |     |
| Resultados (%)                 |           |                |          | I      | II        | III  | IV          | V     | VI | VII |
| Nº días                        | Normales  | Anormales      | Muertas  | 1.     |           |      | 4           |       |    |     |
| 14                             | 52        | 31             | 17       | 2.     |           |      |             |       |    |     |
| Fecha instalación              | 1.        | 2.             | 3.       | 3.     | 2         | 2    | 2           |       |    |     |
| 13/01/07                       | 19/01/07  | 23/01/07       | 27/01/07 | 4.     |           | 2    |             |       |    |     |
| Número de semillas ensayadas   | Estado    |                |          | 5.     | 4         |      |             |       |    |     |
| 100                            | No fresca |                |          | 6.     |           | 12   |             |       |    |     |
| Nº días                        | Normales  | Anormales      | Muertas  | 7.     |           |      |             |       |    |     |
| 1.                             | 25        | 16             | 0        | 8.     | 1         |      |             |       |    |     |
| R1                             | 2.        | 23             | 18       | 0      | 9.        |      |             |       |    |     |
|                                | 3.        | 24             | 18       | 8      | 10.       |      |             |       |    |     |
| Total                          | 24        | 18             | 8        | 11.    |           |      |             |       |    |     |
| 1.                             | 29        | 10             | 0        | 12.    |           |      |             |       |    |     |
| R2                             | 2.        | 27             | 12       | 0      | 13.       |      |             |       |    |     |
|                                | 3.        | 28             | 13       | 9      |           |      | Observación |       |    |     |
| Total                          | 28        | 13             | 9        |        |           |      |             |       |    |     |
| T.E.                           | 83        |                |          |        |           | R1   | R2          | Prom. |    |     |
| Promedio                       | 26        | 15.5           | 8.5      | V.E. : |           | 17.9 | 16.56       | 17.23 |    |     |



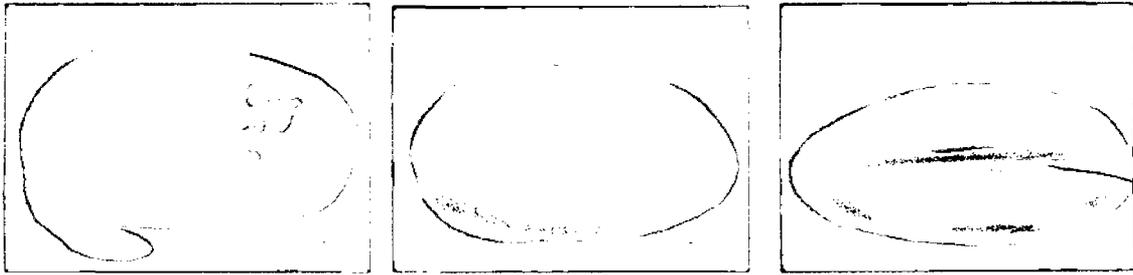
**Fig. 2 Semillas de soya viales sin defectos.**



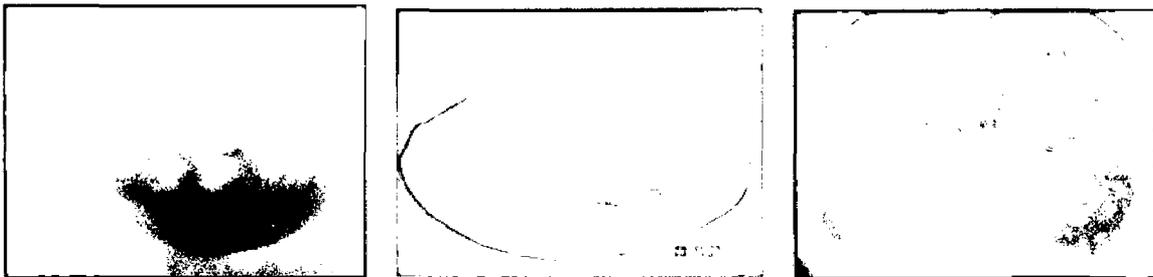
**Fig. 3 Semillas de soyas viables con defectos leves**



**Fig. 4 Semillas de soya viables con defectos moderados**



**Fig. 5 Semillas de soya viables con defectos severos**



**Fig. 6 Semillas de soya no viables**