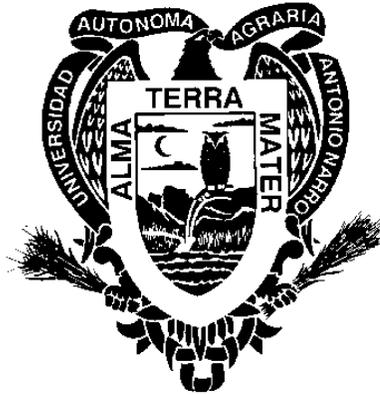


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Imbibición, atributos de calidad en semilla de trigo macarronero *Triticum turgidum var. durum* y su efecto sobre el establecimiento del cultivo**

**Por:**

**BALTAZAR ALCOCER ESTRADA**

**TESIS.**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Mayo de 2000**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Imbibición, atributos de la calidad en semilla de trigo macarronero  
*Triticum turgidum var. durum* y su efecto sobre el establecimiento del  
cultivo.**

**Por:  
BALTAZAR ALCO CER ESTRADA**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:  
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Aprobada  
Presidente del jurado**

---

**Dr. Gaspar Martínez Zambrano.**

**Sinodal**

---

**Dr. Mario E. Vázquez Badillo  
Rico**

**Sinodal**

---

**Ing. Modesto Colin**

**Sinodal**

---

**M.C. Alma Rosa Peña Contreras**

---

**M. C . Reynaldo Alonso Velasco**

**Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila.**

**Mayo de 2000**

## **DEDICATORIA**

**A mis, queridos padres:**

**Sr. Ezequiel Alcocer Zambrano.  
Sra. María Carmen Estrada Albarran.**

Por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi formación profesional, por los sacrificios que hicieron para sacarme adelante y por todo su amor, confianza y comprensión.

**Que Dios los bendiga.**

**A mis hermanos:**

Por todo el apoyo que me brindaron durante mi carrera profesional, por sus consejos que me hicieron salir adelante. Gracias.

## AGRADECIMIENTOS

**A DIOS NUESTRO SEÑOR**, por darme la oportunidad de vivir y haberme iluminado el camino a seguir para terminar mis estudios profesionales. **Gracias, señor.**

**A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"** por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura, por los conocimientos adquiridos en sus Aulas y por la grandeza y generosidad de ésta Institución, de la cual me siento orgulloso de haber formado parte.

### **A MIS ASESORES:**

**Dr. Gaspar Martínez Zambrano**, por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación, así como sus valiosas aportaciones en las asesorías, brindadas en la conducción, revisión y corrección en el presente trabajo, y por su amistad, gracias.

**Dr. Mariano Ernesto Vázquez Badillo**, por su valiosa colaboración, en la revisión y sugerencias depositadas para la realización de este trabajo, gracias.

**Ing. Modesto Colín Rico**, por su disponibilidad mostrada en la elaboración y revisión de mi trabajo, así como su gran amistad, gracias.

**Ing. M. C. Alma Rosa Peña Contreras**, por su disponibilidad y entusiasmo mostrados en la revisión y presentación del presente trabajo.

**A la Secretaria Trini y a la Laboratorista Coco**, del área de Cereales, por su desinteresado apoyo en la realización del presente trabajo y su amistad brindada a lo largo del desarrollo del mismo.

**A la Lic. Sandra López Betancourt**, por su desinteresada e innegable ayuda que me brindo durante mi formación profesional.

**A mis compañeros de la carrera de Ing. Agrónomo en producción**, Oscar, Jorge C, Martha, Elios, José A, Raúl, Jorge G, José S, Porfirio, Angel, Manuel, Sergio, Misael, Octavio, Octavio M, José E, Cesar (†), Antonio, José Ma, Cervando, Jorge C, Juana, Horacio, José S, Plutarco, José D, David, Martín, Rigoberto.

## RESUMEN

Con el propósito de esclarecer cuales componentes de la calidad física y fisiológica de la semilla, y que procesos antes y durante la germinación pueden ser usados como indicadores del buen establecimiento del cultivo de trigo macarronero, se evaluaron 28 líneas experimentales y la variedad comercial Altar C-84, en cuatro experimentos: Experimento 1. Prueba de imbibición de agua, en la cual se tomaron datos del agua absorbida cada dos horas hasta completar doce horas de prueba; Experimento 2. Prueba de germinación y vigor estándar, en que se tomaron datos de plántulas normales, longitud de plúmula y longitud de raíz. Experimento 3. Prueba de establecimiento en condiciones de laboratorio, en esta se tomaron datos del porcentaje de plántulas emergidas, desde el momento de la siembra hasta 16 días después. Experimento 4. Prueba de establecimiento en condiciones de invernadero, en la cual se tomaron datos similares que en el experimento 3. La semilla de todos los materiales evaluados fueron cosechadas cinco meses antes del inicio de las pruebas, en una evaluación de genotipos bajo condiciones de riego y buena fertilización, en una localidad de campo, en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato. Los resultados mostraron que no hubo relación entre el establecimiento de plántulas en laboratorio e invernadero, por lo tanto, la prueba de establecimiento en laboratorio, puede no ser un buen apoyo para pronosticar el establecimiento en campo. Las pruebas de germinación y vigor no predijeron el establecimiento bajo condiciones controladas o de campo. El establecimiento tanto en laboratorio como en campo, dependió de la capacidad de imbibición de la semilla a las dos horas de iniciado el contacto de la semilla con el agua y del agua total absorbida al final de la prueba de imbibición, lo cual, a su vez, dependió del peso individual de la semilla. Adicionalmente, esta investigación mostró que la germinación dependió como se esperaba, de la longitud de la radícula y la plúmula, así como de los componentes del vigor de la semilla, ya que son una función de la expresión de plántulas normales. La longitud de

radícula parece estar determinada por el agua total absorbida y esta a su vez, por el peso individual de la semilla.

**Palabras clave:** peso de semilla, germinación, vigor, absorción de agua, trigo macarronero, *Triticum turgidum var. durum*.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	PAG.
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPOTESIS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Calidad de la semilla.....	5
Vigor de la semilla.....	6
Definición de vigor de la semilla.....	7
Importancia del vigor de la semilla.....	8
Factores que influyen en el vigor de las semillas.....	9
Generalidades sobre la germinación.....	10
Importancia de la germinación.....	12
Aspectos de absorción (imbibición) de agua por las semillas.....	13
MATERIALES Y METODOS.....	16
Ubicación del sitio experimental.....	16
Material genético utilizado.....	16
Experimento 1. Prueba de imbibición.....	18
Experimento 2. Prueba de germinación y vigor.....	18
Experimento 3. Prueba de establecimiento en laboratorio.....	19

Experimento 4. Prueba de establecimiento en invernadero.....	20
Análisis estadístico.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Experimento 1. Prueba de imbibición.....	21
Experimento 2. Prueba de germinación y vigor.....	41
Experimento 3. Prueba de establecimiento en laboratorio.....	51
Experimento 4. Prueba de establecimiento en invernadero.....	67
Análisis de correlaciones.....	83
CONCLUSIONES.....	85
LITERATURA CITADA.....	86

## ÍNDICE DE CUADROS

No. CUADRO		PAG.
3.1	Material germoplásico de trigo macarronero evaluado.....	17
4.1	Análisis de varianza para agua total acumulada en gramos de líneas de trigo macarronero después de doce horas de imbibición.....	21
4.2	Análisis de regresión lineal de agua absorbida por semillas de trigo, sobre el peso de la semilla.....	22
4.3	Medias de agua total absorbida por líneas de trigo macarronero después de doce horas de imbibición.....	23
4.4	Análisis de varianza para tasa de imbibición en gramos de líneas de trigo macarronero después de dos horas de imbibición.....	24
4.5	Medias de tasa de absorción por líneas de trigo macarronero después de dos horas de imbibición.....	25
4.6	Análisis de varianza para plantas normales producidas por líneas de trigo macarronero en prueba estándar de germinación. Lectura a ocho días.....	41
4.7	Análisis de varianza para plantas normales producidas por líneas de trigo macarronero en prueba estándar de germinación. Lectura a los doce días.....	42
4.8	Medias para plantas normales a ocho días de la prueba de germinación y vigor.....	43
4.9	Medias para plantas normales a ocho días de la prueba de germinación y vigor.....	44
4.10	Análisis de varianza para longitud de raíz de líneas de trigo macarronero en prueba estándar de germinación. Lectura a los ocho días.....	45
4.11	Análisis de varianza para longitud de raíz de líneas de trigo macarronero en prueba estándar de germinación. Lectura a los doce	

	días.....	45
4.12	Medias para longitud de plúmula a ocho días.....	46
4.13	Medias para longitud de plúmula a doce días.....	47
4.14	Análisis de varianza para longitud de plúmula de líneas de trigo macarronero, en prueba estándar de germinación. Lectura a los ocho días.....	48
4.15	Análisis de varianza para longitud de plúmula de líneas de trigo macarronero en pruebas de germinación estándar. Lectura a los doce días.....	48
4.16	Medias por longitud de raíz a ocho días.....	49
4.17	Medias de longitud de raíz a doce días.....	50
4.18	Medias del porcentaje de plantas emergidas en prueba de establecimiento en laboratorio.....	51
4.19	Medias del porcentaje de plantas emergidas en prueba de establecimiento en invernadero.....	68
4.20	Coeficiente de correlación líneal simple entre atributos de calidad de semilla de trigo macarronero (primer renglón) y la probabilidad de significancia (segundo renglón).....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

No.		PAG.
FIGURA		
1	Tasa de imbibición de semillas de la línea 1 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	26
2	Tasa de imbibición de semillas de la línea 3 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	26
3	Tasa de imbibición de semillas de la línea 4 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	27
4	Tasa de imbibición de semillas de la línea 5 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	27
5	Tasa de imbibición de semillas de la línea 6 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	28
6	Tasa de imbibición de semillas de la línea 7 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	28
7	Tasa de imbibición de semillas de la línea 8 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	29
8	Tasa de imbibición de semillas de la línea 9 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	29
9	Tasa de imbibición de semillas de la línea 10 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	30
10	Tasa de imbibición de semillas de la línea 11 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	30
11	Tasa de imbibición de semillas de la línea 12 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	31
12	Tasa de imbibición de semillas de la línea 13 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	31
13	Tasa de imbibición de semillas de la línea 14 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	32
14	Tasa de imbibición de semillas de la línea 15 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	32

15	Tasa de imbibición de semillas de la línea 16 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	33
16	Tasa de imbibición de semillas de la línea 17 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	33
17	Tasa de imbibición de semillas de la línea 18 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	34
18	Tasa de imbibición de semillas de la línea 19 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	34
19	Tasa de imbibición de semillas de la línea 20 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	35
20	Tasa de imbibición de semillas de la línea 21 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	35
21	Tasa de imbibición de semillas de la línea 22 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	36
22	Tasa de imbibición de semillas de la línea 23 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	36
23	Tasa de imbibición de semillas de la línea 24 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	37
24	Tasa de imbibición de semillas de la línea 25 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	37
25	Tasa de imbibición de semillas de la línea 26 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	38
26	Tasa de imbibición de semillas de la línea 27 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	38
27	Tasa de imbibición de semillas de la línea 28 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	39
28	Tasa de imbibición de semillas de la línea 29 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	39
29	Tasa de imbibición de semillas de la línea 30 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.....	40

30	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 1 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	53
31	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 3 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	53
32	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 4 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	54
33	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 5 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	54
34	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 6 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	55
35	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 7 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	55
36	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 8 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	56
37	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 9 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	56
38	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 10 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	57
39	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 11 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	57

40	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 12 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	58
41	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 13 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	58
42	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 14 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	59
43	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 15 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	59
44	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 16 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	60
45	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 17 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	60
46	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 18 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	61
47	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 19 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	61
48	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 20 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	62
49	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 21 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	62

50	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 22 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	63
51	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 23 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	63
52	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 24 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	64
53	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 25 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	64
54	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 26 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	65
55	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 27 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	65
56	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 28 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	66
57	Porcentaje de plantas establecidas en laboratorio de la línea 29 de trigo macarronero, en comparación con al variedad testigo Altar C-84.....	66
58	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 1 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	69
59	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 3 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	69

60	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 4 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	70
61	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 5 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	70
62	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 6 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	71
63	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 7 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	71
64	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 8 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	72
65	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 9 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	72
66	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 10 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	73
67	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 11 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	73
68	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 12 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	74
69	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 13 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	74

70	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 14 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	75
71	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 15 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	75
72	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 16 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	76
73	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 17 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	76
74	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 18 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	77
75	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 19 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	77
76	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 20 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	78
77	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 21 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	78
78	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 22 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	79
79	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 23 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	79

80	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 24 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	80
81	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 25 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	80
82	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 26 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	81
83	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 27 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	81
84	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 28 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	82
85	Porcentaje de plantas establecidas en invernadero de la línea 29 de trigo macarronero, en comparación con la variedad testigo Altar C-84.....	82

## INTRODUCCIÓN

La producción de un cultivo es un fenómeno complejo que involucra varios procesos de naturaleza fisiológica, genética y bioquímica, que afectan no solamente la acumulación de biomasa como resultado final, sino también algunos procesos que pueden constituirse en factores críticos en la germinación y establecimiento del cultivo. Algunos atributos de la semilla y varios procesos que se suceden antes y durante la germinación, como el peso inicial y la densidad de la semilla, la imbibición o absorción total de agua y la tasa de imbibición son atributos de la semilla y factores que pueden ser importantes para la germinación. Otros como la viabilidad de la semilla y el vigor de plántula pueden ser determinantes del buen establecimiento del cultivo en campo.

Desde el punto de vista del mejorador, el rendimiento de grano por planta es un carácter complejo, que se compone con la contribución de varios atributos de la planta y el grano, tales como: el número de granos por planta y el peso por grano. Si se considera el rendimiento por unidad de superficie sembrada, otros atributos de grano y planta adquieren importancia prominente, debido a que son factores que determinan el establecimiento del cultivo; es decir, el número de plantas por unidad de superficie que potencialmente producirán grano y por ello impactarán el rendimiento por unidad de superficie sembrada. En este contexto, el factor primario para un rendimiento determinado por unidad de superficie, lo es el que exista un número determinado de plantas en esa superficie; lo cual es una expresión del establecimiento del cultivo.

Generalmente el industrial semillero vende la semilla bajo un cierto estándar de calidad física y fisiológica, en el cual el por ciento de germinación, la forma, tamaño y peso volumétrico de la semilla se arguyen como indicadores de garantía de esa calidad; a pesar de ello, es común que el productor tenga problemas de establecimiento del cultivo en campo, probablemente porque los atributos de la calidad sean afectados y pierdan su capacidad predictiva del establecimiento bajo ciertas condiciones de cultivo.

Por lo anterior, en el presente trabajo se planteó estudiar las relaciones entre los atributos de la calidad física y fisiológica de la semilla, los procesos previos y durante la germinación, en el establecimiento del cultivo, con los siguientes

## **OBJETIVOS**

- Determinar cuales atributos de la calidad física y fisiológica de la semilla y que procesos previos, así como durante la germinación, pueden ser usados como indicadores del buen establecimiento del cultivo en campo.
- Entender si los indicadores del buen establecimiento en campo son afectados por el ambiente de cultivo y cuales de ellos pueden ser usados confiablemente bajo diversas condiciones ambientales.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriores, se consideró necesario probar las siguientes

## **HIPÓTESIS**

El establecimiento del cultivo depende de la capacidad de germinación y el vigor de la semilla, los cuales a su vez dependen del peso y la capacidad de imbibición de la semilla.

## REVISION DE LITERATURA

Las condiciones de campo son frecuentemente riesgosas para la germinación de la semilla y la emergencia de la plántula. La temperatura del suelo, puede ser alta o más baja que la óptima para germinación, y la humedad del suelo puede ser baja o excesiva, lo que determina una inadecuada o deficiente difusión de oxígeno, provocando la muerte debido a resecado. Por otra parte, el estado físico del suelo puede impedir seriamente el avance de la plántula hacia la superficie, debido a texturas compactas o a la formación de costra. Además, si se retrasa la germinación, la semilla puede ser atacada por predadores y patógenos. Por otro lado, el nivel que alcanzan las condiciones adversas del suelo, cambia continuamente la época de siembra, por lo que la proporción de las plántulas que emergen varía de la misma forma.

Nijenstein (1988) reporta que el contenido de humedad del suelo influye sobre la germinación, obteniendo resultados que muestran una reducción en el porcentaje de germinación en semillas de maíz, cuando éstas fueron sembradas en un suelo con 34 por ciento de capacidad de agua retenida.

Con respecto a las condiciones ambientales, Badhoria *et al.* (1983) en semillas de tres cultivares de maíz observaron que la emergencia, fuerza y ritmo de desarrollo fueron afectados por el contenido de humedad del suelo en un orden de 18 a 24 por ciento. Mientras que International Seed Testing Association (1985) menciona que se debe considerar que las semillas maduras de los cereales entre ellos el trigo, para germinar requieren de una temperatura óptima de 20°C

### **Calidad de la Semilla**

La calidad de la semilla es un término relativo y significa el grado de excelencia cuando se compara con un estándar aceptable (Fernández, 1985). Es un concepto múltiple que puede ser calificado particularmente a partir de ciertos atributos como: pureza varietal, germinación, vigor, sanidad, apariencia, uniformidad, pureza física, grado de daño mecánico, estado de madurez, entre otros (Thomson, 1979).

La calidad de semilla es la suma de todos los atributos genéticos, sanitarios, físicos y fisiológicos (Popinigis, 1985).

El componente genético, se refiere a la calidad que obtiene el fitomejorador, es decir, un material genético de características sobresalientes, la cual está determinada por el genotipo de la variedad o híbrido (Bustamente, 1982).

El componente sanitario, indica la condición de la semilla en cuanto a la presencia o ausencia de hongos, bacterias, virus y nemátodos (Fernández, 1985). Al respecto, Copeland y McDonald (1985) señalan que los patógenos llevados en la semilla afectan directa e indirectamente la calidad de las semillas y son capaces de reducir la productividad de los cultivos.

La calidad física abarca aspectos tales como: pureza analítica, contenido de humedad, tamaño, peso y color. La pureza analítica nos indica el grado de contaminación con semillas extrañas y material inerte. El contenido de humedad es un carácter de interés, ya que puede afectar la calidad fisiológica de la semilla durante el almacenamiento.

El tamaño y peso, son indicadores de la excelencia de la simiente, ya que un cultivo sujeto a condiciones ambientales adversas presentará una disminución en su peso volumétrico o de 1,000 semillas. Finalmente, el color de la semilla es una característica propia de cada variedad o híbrido y en ocasiones es un indicativo de la presencia de microorganismos (Thomson, 1979).

El componente fisiológico se refiere a la característica de viabilidad de una semilla, a la alta capacidad de germinación y vigor para establecer nuevos individuos (Bustamante, 1982).

Actualmente las pruebas de germinación han sido aceptadas y se utilizan universalmente, para determinar la fisiológica de un lote de semillas; la prueba de germinación se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas (Copeland y McDonald, 1985).

### **Vigor de la Semilla**

Nobbe en 1876 reconoció que las propiedades de cada semilla, tales como la velocidad de germinación y crecimiento de plántula, varían dentro de cada lote de semilla, así como entre lotes diferentes. A este fenómeno le dio el nombre de Triebkraft (literalmente " fuerza conductora") y le asignó diversos nombres en inglés, como: energía de germinación y vitalidad, no obstante, el termino que ha predominado en los últimos años ha sido el de "vigor de la semilla".

La ISTA en su congreso de 1950, acordó que los ensayos de germinación serían desarrollados universalmente sobre medios inertes y que cualquier ensayo destinado a obtener resultados de una magnitud similar en el suelo se denominarían "ensayos de vigor de plántula". En el mismo congreso se formó el comité de ensayos bioquímicos y de vigor de plántula, con el objetivo de definir e investigar las propiedades del vigor de la semilla.

### **Definición de Vigor de la Semilla**

En 1977, el Comité de Ensayos de Vigor de la ISTA, en su congreso adoptó la siguiente definición: "El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la misma que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o del lote de semillas durante su germinación y emergencia de plántula. Las semillas de buen comportamiento se denominarán de alto vigor y aquellas de pobre comportamiento serán consideradas semillas de bajo vigor" (Perry, 1987).

Por su parte, la Association of Official Seed Analysts (1979), define el vigor como "la suma total de propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo (AOSA, 1983).

Miranda (1984) menciona que el vigor se considera desde cuando la semilla alcanza su madurez fisiológica en la planta, considera como el punto donde convergen el máximo peso seco, viabilidad y el más alto vigor de la semilla, y a partir de la cual como la manifiesta McDonald (1975, 1977), la pérdida de vigor precede a la pérdida de germinación y viabilidad.

## **Importancia del Vigor de la Semilla**

Conocer el vigor de las semillas es de suma importancia porque permite predecir el comportamiento de un lote de semillas cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia, así como para comparar el potencial biológico de los lotes de semillas con porcentajes de germinación similares y también para tomar decisiones sobre el tiempo de almacenaje al que pueden ser

sometidas las semillas, por cuanto el vigor y la longevidad están altamente correlacionados (Jara, 1993).

Al respecto Delouche y Caldwell (1978) mencionan que la importancia del vigor como atributo de calidad de la semilla está claramente indicada, trabajos de almacenamiento que no incluyan al vigor de la semilla, son trabajos incompletos. Por su parte, Moreno (1984) señala que el vigor de las semillas ha sido por mucho tiempo tema de interés entre los productores y usuarios de las semillas agrícolas, debido a que aun cuando la calidad de las semillas está determinada principalmente por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo, éstas dependen en gran medida del vigor de la semilla. De ahí el interés para evaluar este parámetro de calidad mediante pruebas cuyos resultados estén altamente correlacionados con el comportamiento de las semillas en el campo.

Con relación al tema, Lees (1980) cita que dos compañías semilleras inglesas al utilizar semilla de trigo de bajo vigor con índice de germinación del 97 por ciento y de alto vigor, con 94 por ciento, observaron en el campo que las semillas de bajo vigor disminuyeron en 22 por ciento su germinación. En otro ensayo, sembraron cuatro lotes de semilla de trigo de la misma variedad todos, con índices de germinación de 85 por ciento, los tres primeros lotes con bajo vigor tuvieron 30 por ciento menos germinación que los lotes de alto vigor.

### **Factores que Influyen en el Vigor de las Semillas**

Andrews (1978) manifiesta que el vigor de la semilla es altamente complejo, a nivel bioquímico incluye la energía y el metabolismo biosintético, coordinación de las actividades, transporte y utilización de reservas. Así mismo, Kovar (1987) menciona que el vigor está dado por el ritmo de procesos metabólicos en la semilla.

Mientras que Perry (1987) especifica que los factores que causan cambios en el nivel de vigor de las semillas incluyen: su constitución genética, condiciones

ambientales y nutrición de la planta madre; estado de madurez en la cosecha; tamaño de la semilla, peso y densidad; integridad mecánica, deterioro y envejecimiento así como patógenos.

También Kovar (1987) observó que las diferencias en vigor de la semilla durante la germinación depende de la exposición de las plantas madres a condiciones de estrés durante y particularmente al final de su desarrollo con: un balance favorable de temperatura y precipitación; con una humedad adecuada del suelo, la proporción del embrión en el total del peso de la semilla es alta, mientras que las proteínas y la proporción de almidón en la semilla se incrementan con altas temperaturas. La calidad de la cosecha bajo estrés fue mejor en cultivos que crecieron de semillas de alto vigor.

Perry (1987) y Mississippi State University (1992) consideran los procesos que influyen en el comportamiento de la semilla, los cuales pueden presentar variaciones asociadas con diferencias en el vigor de la semilla; como son los siguientes:

- Procesos bioquímicos y reacciones durante la germinación, tales como: reacciones enzimáticas y actividad respiratoria,
- Tasa y uniformidad de germinación de la semilla y crecimiento de plántula,
- Tasa y uniformidad de emergencia y crecimiento de plántula, en el campo,
- Habilidad de emergencia de plántula bajo condiciones no favorables.

Así mismo, mencionan que los efectos del nivel de vigor pueden persistir para influir en el desarrollo de la planta, uniformidad del cultivo y en el rendimiento.

El objetivo de una prueba de vigor es identificar lotes de semillas que tengan capacidad de una rápida y uniforme emergencia de plántulas en el campo y una habilidad de emergencia en condiciones ambientales no favorables. Y proporciona al agricultor una estimación del valor de la semilla para la siembra y una garantía imparcial de la calidad en las transacciones comerciales (Perry, 1987).

## **Generalidades sobre la Germinación**

Los fisiólogos iniciaron su interés en pruebas sobre la germinación de las semillas, cuando la industria cervecera buscó mejorar el rendimiento de alcohol, para la fabricación de cerveza. La industria ya conocía que era importante que la semilla de cebada “brotara”. Este proceso era logrado mediante el remojo de las semillas en agua y luego permitiendo el proceso de germinación para producir azúcar a partir de almidón, el azúcar producido es maltosa, así que al proceso de brotación se le llamó malteo. La mayor obtención de maltosa fue la manera clara para mejorar la producción de alcohol por bushel de semilla de cebada.

La germinación se define como la reanudación del crecimiento activo de la semilla, donde el desarrollo de la radícula y plúmula se inicia cuando la semilla es puesta bajo condiciones adecuadas para ello (Copeland, 1979).

En un ensayo de laboratorio, se define la germinación como la emergencia y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales, las cuales indican para la clase de semilla que se está ensayando la capacidad para desarrollarse en planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (ISTA, 1985).

La germinación se expresa como el porcentaje de semilla pura de la clase que produce plantitas de semillero normales. No se consideran como germinadas aquellas plantitas de semillero rotas, malformadas o claramente anormales (Moreno, 1984).

Actualmente, las pruebas de germinación han sido aceptadas y se utilizan universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas. La prueba de germinación se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas.

Las pruebas de germinación son el medio más objetivo para producir y evaluar el potencial de germinación de una semilla, la cual es muy importante en el mercado de semillas, a la vez que las pruebas de germinación proporcionan una valiosa información sobre la capacidad fisiológica de las semillas. El hecho de que las pruebas de

germinación sean conducidas bajo condiciones óptimas o favorables, limitan su uso en la determinación de su valor de germinación, ya que dichas condiciones favorables se encuentran raramente en el campo.

Copeland *et al* (1985) menciona que la prueba de germinación es usada para determinar la viabilidad de la semilla. Esto ha llegado a ser aceptado universalmente, el que la viabilidad y la germinación de la semilla son consideradas probablemente iguales por más personas. A pesar de su aceptación, el examen de germinación es una estimación y tiene ciertas limitaciones, tal como el cálculo universal de la calidad de la semilla; sin embargo, si estas limitaciones son reconocidas, la prueba de germinación puede ser útil para la estimación del índice de viabilidad.

Bustamente (1982) señala que la capacidad de germinación es el índice de calidad más convincente y usado; el objetivo de su evaluación es obtener información con respecto al valor de la semilla con propósitos agrícolas y recabar información para comprar el valor de diferentes lotes.

Cuando se realiza una prueba de germinación estándar, se sigue la metodología recomendada por la International Seed Testing Association (ISTA, 1985), que para su efecto se encuentra ampliamente detallada en materiales y métodos.

### **Importancia de la Germinación**

La germinación representa un aspecto fundamental en el ciclo de vida de la planta y en su rendimiento.

Sembrar semillas que no nacen o que son de baja viabilidad es una pérdida de tiempo y dinero. Para ahorrar ambas cosas, se hacen las pruebas de germinación en el laboratorio. Estas pruebas están diseñadas para indicar tan cercanamente como sea posible, la proporción que se espera que brote y se desarrolle para formar plantas

fuertes en el campo. El hecho que una semilla absorba agua, se hinche y eche unas pequeñas raicillas, no es garantía de que continuará creciendo y formará una planta; puede ser que solo tenga vigor para formar una raíz o pueda empezar a formar un brote y luego muera. Aun puede crecer como una plántula, pero ser tan débil que no puede establecerse en el suelo y continuar desarrollándose en una planta fuerte (Mondragón, 1978).

El objetivo primario del análisis de semillas es proporcionar a los agricultores un dictamen de la calidad o el valor agrícola de la semilla que compran, además de ser un medio para asegurar su calidad en los canales de comercialización. La calidad de las semillas involucra un buen número de atributos diferentes: calidad física, genética, patológica y fisiológica. Estos factores son importantes en la consideración de la calidad de un lote de semillas (Bustamante, 1982).

El objetivo de las pruebas de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Además, estas pruebas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semilla de la misma especie. Normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie (Moreno, 1984).

### **Aspectos de Absorción (Imbibición ) de Agua por las Semillas**

La imbibición es un tipo de difusión de partículas de algunas sustancias, la cual ocurre cuando las semillas están absorbiendo agua. Al ocurrir este proceso las semillas aumentan de volumen, liberan calor y el volumen de agua que absorben es grande, en relación con su peso seco original. Además la velocidad de imbibición es afectada por

el tipo de especie, permeabilidad de la cubierta, temperatura, presión hidrostática, área de contacto semilla-agua, fuerzas intermoleculares, composición química y condición fisiológica de la semilla (Popinigis, 1985). Por otra parte, Come y Tissaoui (1973) indican que la imbibición rehidrata las macromoléculas y organelos celulares proporcionando un aumento de las actividades respiratorias de la semilla y que, en la relación semilla-oxígeno-temperatura, cuando ésta última es baja, el metabolismo respiratorio de la semilla es incipiente y consecuentemente, pequeñas cantidades de oxígeno son necesarias para que la germinación ocurra; pero cuando ésta es alta, el oxígeno es más soluble, sus tejidos almacenan cantidades insuficientes de oxígeno para satisfacer sus exigencias metabólicas, siendo mayor la velocidad respiratoria, por lo cual el embrión requiere mayor cantidad de oxígeno. Mientras tanto, Bewley y Black (1984) mencionan que la cantidad de agua absorbida durante la imbibición es generalmente pequeña y no excede de 2-3 veces el peso seco de la semilla.

El movimiento del agua que se realiza según el gradiente de presión entre la semilla y el agua que se absorbe, origina hinchamiento causado por imbibición, llegando a romper la testa de la semilla (Devlin, 1970; Hebbletwaite, 1983).

Bidwell (1979), define la imbibición de la semilla como un mecanismo de actuación de procesos bioquímicos, la cual está aplicada en la absorción del agua mediante el movimiento de ésta, de un área de alto potencial hídrico, a otra de bajo potencial.

Existen diferencias relativas en la velocidad de absorción de agua en la semilla, y dependiendo del tejido higroscópico llega el momento en que ésta es equilibrada, dependiendo también de la interacción de la temperatura a una humedad relativa dada Patil y Andrews, (1985). Estas diferencias también pueden estar atribuidas a las variaciones en tamaño de la semilla, tipo de especie, composición química y a la impermeabilidad de la cubierta de la semilla. Las características de las semillas pueden ser muy efectivas en retardar la absorción de agua y en prolongar la vida de su almacenamiento (Patil y Andrews, 1985).

Devlin (1980), explica que al momento de saturarse las células de agua, se produce un aumento en la temperatura, la cual juega un papel muy importante, ya que afecta en forma directamente proporcional a la velocidad de imbibición, un aumento de ésta aumenta la velocidad de la misma.

De acuerdo a la temperatura, se regula la entrada de agua y gases a la semilla, interactuando con la humedad relativa, para determinar la velocidad de absorción, aumentándose cuando la temperatura es elevada, debido a las fisuras en la testa, ocasionando áreas de células muertas en los cotiledones y pérdidas de solutos, estando también ligado al embrión.

La imbibición es una etapa crítica en el establecimiento exitoso del cultivo. En un trabajo con semilla de soya, McDonald *et al.* (1998) encontraron que después de 72 horas de imbibición, el eje embrionario se hidrató más que cualquier otra parte de la semilla en más de 50 g de agua/kg de peso fresco.

En un estudio con semilla de avena silvestre ***Avena fatua***, se encontró que la germinación se inició a las 24 horas después del inicio de la imbibición y alcanzó el 100 por ciento a las 48 horas (Murdock y Foley, 1992).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del Sitio Experimental**

El presente trabajo de investigación se efectuó en el Laboratorio de Cereales, así como en el Invernadero de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila; lugar que se ubica en las coordenadas geográficas 25° 23' latitud norte y 101°01' longitud oeste, con una altitud de 1,743 msnm Comisión de Estudios del Territorio Nacional, (1976). La temperatura promedio que se manejó en el interior del invernadero fue de  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante el día y  $19^{\circ}\text{C}$  durante la noche, con una humedad relativa de 75 por ciento, aproximadamente.

### **Material Genético Utilizado**

En esta investigación se utilizaron 29 líneas de trigo macarronero (Experimento ELITE 98), cosechadas en el año 1997-1998, en la localidad de Celaya, Guanajuato, dicho material se proporcionó por el programa de Cereales de la UAAAN, y presenta la siguiente genealogía detallada en el (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Material germoplásmico de trigo macarronero evaluado

Línea No.	Nombre	Origen	
		Exp.	Institución
1	ANADE-1	101/96-97 P=5	CIMMYT
3	RASCON-25	P=9	CIMMYT
4	SHELD-2	P=11	CIMMYT
5	SHELD-3	P=12	CIMMYT
6	GAGANO-1	P=18	CIMMYT
7	NEKAT-1	P=19	CIMMYT
8	CRA/MEX//AUK/3/SRN	P=21	CIMMYT
9	YAZI-36	P=28	CIMMYT
10	JABIRU-4	201C96/97 P=3	CIMMYT
11	AAZ/CREX	P=4	CIMMYT
12	BOOMER-24	P=9	CIMMYT
13	GUTRUOS-5	P=14	CIMMYT
14	BUTTAH-1	P=16	CIMMYT
15	GREENSHANK-38	P=21	CIMMYT
16	LIKAN-INIA	P=22	CIMMYT
17	LAVADERA-1	P=28	CIMMYT
18	ANDUR95-2	301aC96/97 P=2	UAAAN
19	ANDUR95-4	P=3	UAAAN
20	ANDUR95-10	P=8	UAAAN
21	ANDUR95-12	P=10	UAAAN
22	ANDUR95-14	P=11	UAAAN
23	ANDUR95-19	P=16	UAAAN
24	ANDUR95-25	P=19	UAAAN
25	ANDUR95-30	P=23	UAAAN
26	ANDUR95-37	301b/C96/97 P=1	UAAAN
27	ANDUR95-41	P=4	UAAAN
28	ANDUR95-61	P=15	UAAAN
29	ANDUR95-71	P=23	UAAAN
30	ALTAR C-84	P=30	INIFAP

Es necesario aclarar que en el Cuadro 3.1 aparece la numeración hasta la línea 30 debido a que el número de línea corresponde a la identificación de las líneas en el experimento ELITE 98, del cual tienen origen.

El material fue sometido a pruebas de: imbibición, germinación y vigor, así como a emergencia, en laboratorio e invernadero, en una serie de cuatro repeticiones, como se describe a continuación.

### **Experimento 1. Prueba de Imbibición**

Se emplearon 29 líneas de trigo macarronero, utilizando cuatro repeticiones de cien semillas para cada caso de cada línea, se pesaron en una balanza analítica, se colocaron dentro de un frasco de vidrio de 5 ml y se les agregó agua desionizada suficiente, hasta cubrir por completo la semilla, ahí permanecieron por dos horas; haciendo uso de cedazos, se retiró el agua, colocando la semilla en una toalla de papel para su secado, y posteriormente proceder a pesar la semilla, realizando el mismo procedimiento en 6 ocasiones, hasta completar doce horas de imbibición de la semilla. Con los resultados obtenidos de peso inicial de la semilla, y peso a intervalos de 2, 4, 6, 8 10 y 12 horas, se elaboraron gráficas ajustadas por regresión, de la tasa de imbibición de cada una de las líneas de trigo macarronero.

### **Experimento 2. Prueba de Germinación y Vigor**

Se llevó a cabo la prueba de germinación estándar con la finalidad de determinar la viabilidad y el vigor de la semilla. Se utilizó el método de la toalla de papel (ISTA, 1985), el cual consistió en colocar cuatro repeticiones de diez semillas de las mismas líneas de trigo de la prueba anterior, tratando la semilla con fungicida (captan), se

colocó la semilla en toallas de papel secante humedecidas, éstas se enrollaron, metiéndose en una bolsa de polietileno y se introdujeron en una cámara de germinación, de fabricación no patentada, a  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y 90 por ciento de humedad relativa durante 12 días, a los 8 días se realizó el primer conteo y a los 12 días se tomó la segunda lectura, evaluando plántulas normales, promedio de crecimiento de raíz y plúmula.

### **Experimento 3. Prueba de Establecimiento en Laboratorio**

Para esta prueba se utilizaron cuatro charolas de plástico de 17 cm de ancho por 43 cm de largo y 15 cm de alto, se procedió a depositar la tierra en el interior de la mismas, con cuatro repeticiones de diez semillas de las 29 líneas de trigo macarronero, posteriormente se efectuó un diseño estadístico de bloques completamente al azar para la siembra, considerando una misma profundidad para las cuatro repeticiones, y se mantuvo una buena humedad para facilitar la germinación y emergencia de dicha semilla. Una vez que emergieron las primeras plántulas se tomaron lecturas de emergencia durante quince días consecutivos.

El establecimiento del cultivo se analizó tomando en cuenta la velocidad indicada por los días de máximo porcentaje de plántulas emergidas y el valor absoluto de la emergencia, indicada por el porcentaje total de plantas, al final de la prueba.

### **Experimento 4. Prueba de Establecimiento en Invernadero**

Esta prueba se estableció en el invernadero, utilizando una cama de siembra, la cual fue dividida en cuatro secciones, y se le preparó debidamente preparada la tierra, tomando cuatro repeticiones de diez semillas, de las 29 líneas de trigo macarronero. Se procedió a realizar la siembra empleando un diseño estadístico de bloques completamente al azar, considerando la misma profundidad para las cuatro repeticiones. Así mismo, se mantuvo una buena humedad para facilitar la germinación de la semilla. Posteriormente, se tomaron lecturas de emergencia, durante los primeros 15 días, después de que emergió la primera plántula.

El establecimiento del cultivo se analizó mediante la velocidad indicada por los días de máximo porcentaje de plántulas emergidas y el valor absoluto de la emergencia, indicada por el porcentaje total de plantas, al final de la prueba.

### **Análisis Estadístico**

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza utilizando el diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones. Con el empleo del paquete estadístico SAS (1996) para microcomputadoras.

Finalmente se realizó un análisis de correlación simple, a fin de establecer las relaciones de dependencia entre las variables estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Experimento 1. Prueba de Imbibición.

El experimento de imbibición fue analizado usando los datos de agua total acumulada por línea, a través de las 12 horas de sumersión en agua y los datos de la tasa promedio de absorción de agua por hora de sumersión.

El análisis de varianza para agua total acumulada se muestra en el (Cuadro 4.1) el cual se observa que hubo diferencia altamente significativa entre líneas, por lo que éstas difieren en su capacidad de absorción total de agua; lo cual pudiera expresar diferencias en tamaño de grano, en capacidad higroscópica del gluten o a variaciones debidas al cumplimiento total del llenado de grano, entre otros.

**Cuadro 4.1. Análisis de varianza para agua total acumulada en gramos en líneas de trigo macarronero después de doce horas de imbibición.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	
Líneas	28	3.693	0.1319	**
Repeticiones	3	0.3103	0.1034	
Error	84	5.447	0.0648	
Error Total	115	9.451		

C V (13.0 %). \*\*, significativo al 0.01 de probabilidad

A diferencia del trigo panadero, el trigo macarronero tiene un gluten duro de manera consistente, a través de líneas por lo que se esperaría que hubiera pocas diferencias en calidad higroscópica del gluten. También se excluye de esta discusión las diferencias en cumplimiento del llenado de grano, ya que las semillas empleadas en este trabajo se escogieron eliminando aquellos malformados, quebrados o dañados. En

cambio, las diferencias en tamaño de grano pudieran explicar las diferencias en absorción del agua. Debido a que no se dispuso de datos del tamaño del grano, se utilizó el peso del mismo como un indicador. Un análisis de las relaciones entre el agua total absorbida durante las 12 horas de imbibición y el peso de grano mediante regresión lineal, reveló que el agua absorbida depende del peso del grano ( $R^2= 0.051^*$ ). Análisis similares mostraron que ésta dependencia ocurrió a partir de las 6 horas de imbibición (Cuadro 4.2).

**Cuadro 4.2. Análisis de regresión lineal de agua absorbida por semilla de trigo, sobre el peso de la semilla.**

Tiempo de imbibición (hr)	a	b		$R^2$
2	0.5792	0.0615		0.011
4	0.7775	0.0944		0.023
6	0.9197	0.1258	*	0.039
8	0.9600	0.1590	**	0.062
10	0.9701	0.1931	**	0.080
12	1.1657	0.1855	*	0.051

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. a= ordenada al origen; b= coeficiente de regresión;  $R^2$ =coeficiente de determinación.

La prueba de medias para agua absorbida total, al término de las doce horas que duró la prueba, mostró que las líneas (21, 6, 28, 5, 30, 3, 12, 14, 22, 16, 23, 8, 10, 13, 11, 26, y 29, tuvieron una absorción estadísticamente menor que el resto de los materiales evaluados (Cuadro 4.3); sin embargo, al comparar estas líneas con el testigo (30), solamente la línea 11 es estadísticamente inferior.

**Cuadro 4.3. Media de agua total absorbida por líneas de trigo macarronero después de doce horas de imbibición.**

Variedad	Media (mg agua) a las 12 horas
----------	--------------------------------

7	2.3513
27	2.2028
20	2.1873
4	2.1291
19	2.1188
17	2.1172
25	2.1064
1	2.0981
15	2.0731
9	2.0613
18	2.0197
24	2.0022
21	1.9883
6	1.9827
28	1.9812
5	1.9795
30	1.9716
3	1.9563
12	1.9280
14	1.8902
22	1.8871
16	1.8537
23	1.8222
8	1.7981
10	1.7890
13	1.7580
29	1.6527
26	1.6231
11	1.5546
DMS(5%)	0.3581

---

Con el propósito de representar la dinámica de la absorción de agua por las semillas, se elaboraron gráficas de la tasa de imbibición para cada línea y el testigo, Altar C-84 (Figuras 1 a la 28). El análisis de las gráficas de la tasa de imbibición de cada línea, mostró que invariablemente la mayor cantidad de agua absorbida por la semilla de trigo, ocurre en las primeras cuatro horas a partir de iniciado el contacto de la

semilla con el agua, con el pico de máxima tasa de imbibición a las dos horas. El análisis de varianza (Cuadro 4.4) mostró diferencias significativas en la tasa de imbibición entre el material evaluado; de las cuales 17 mostraron mejor absorción que el resto en el tiempo de máxima tasa, entre las cuales se ubicó el testigo Altar C-84 (Cuadro 4.5). No obstante que las gráficas muestran a algunas líneas con mejor tasa de imbibición que el testigo, como las 17, 24, 25, y 27 (Fig. 16, 23, 24, 26); Así como las líneas 11 y 14 (Fig. 10 y 13) con menor tasa, la prueba de medias reveló que todo el material evaluado es estadísticamente igual a la variedad comercial. Lo más importante, sin embargo, de estas gráficas en cuanto a la dinámica de la imbibición de las semillas, es que independientemente del genotipo, la mayor cantidad de agua es absorbida durante las primeras cuatro horas, lo cual puede ser un evento crítico para el inicio de la germinación y el establecimiento del cultivo.

**Cuadro 4.4. Análisis de varianza para tasa de imbibición en gramos de líneas de trigo macarronero después de dos horas de imbibición.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>
Líneas	28	1.5736	0.0561 *
Repeticiones	3	0.0349	0.0116
Error	84	0.9753	0.0354
Error Total	115	9.451	

C V (22 %). \*, significativo al 0.05 de probabilidad

**Cuadro 4.5. Media de tasa de absorción por líneas de trigo macarronero después de dos horas de imbibición.**

<b>Líneas</b>	<b>Media (mg agua) a las 4 horas</b>
27	1.0710
24	1.0296
17	1.0242
25	1.0176
19	0.9806

28	0.9562
15	0.9474
23	0.9067
20	0.9000
29	0.8991
6	0.8695
30	0.8682
26	0.8626
4	0.8559
7	0.8556
1	0.8307
22	0.8254
5	0.7925
10	0.7861
21	0.7692
13	0.7578
3	0.7568
9	0.7433
12	0.7388
8	0.7243
16	0.7197
18	0.7091
14	0.6283
11	0.6247
DMS(5%)	0.2646

---

### **Experimento 2. Prueba de Germinación y Vigor.**

El experimento de germinación se analizó considerando solamente las plantas normales, ya que estas son las que determinan una rápida emergencia bajo un rango amplio de condiciones de campo (AOSA, 1983). El vigor se determinó mediante los datos de longitud de raíz y plúmula; esto de acuerdo con Isely, 1957; Burris, 1977; Perry, 1981, quienes fueron los primeros que usaron las diferencias en velocidad de germinación, velocidad de emergencia y longitud de la plúmula, para medir el vigor de las semillas.

Los análisis de varianza mostraron que las líneas son diferentes en cuanto a la producción de plantas normales, tanto a los 8 como a los 12 días en que se tomaron las lecturas (Cuadros 4.6 y 4.7), lo cual puede ser importante para establecer diferencias entre ellas, en el momento de la emergencia y establecimiento en campo.

**Cuadro 4.6. Análisis de varianza para plantas normales, producidas por líneas de trigo macarronero, en prueba estándar de germinación, tomadas a los ocho días.**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>
Repeticiones	3	35.724	11.908
Líneas	28	183.206	6.543 **
Error	84	181.275	2.158
Total	115		

CV (%) 20. \*\* significativo al 0.01 de probabilidad

La prueba de medias de plantas normales mostró que solamente 12 materiales mejoraron en germinación de los 8 a los 12 días y los 17 restantes alcanzaron la máxima a los 8 días (Cuadros 4.8 y 4.9).

**Cuadro 4.7. Análisis de varianza para plantas normales producidas por líneas de trigo macarronero, en prueba estándar de germinación, tomadas a los 12 días.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>
Repeticiones	3	5.336	1.779
Líneas	28	217.828	7.780 **
Error	84	213.414	2.541
Total	115		

CV(%) 21.4. \*\* Significativo al 0.01 de probabilidad

**Cuadro. 4.8 Medias para plantas normales a ocho días de la prueba de germinación y vigor**

<b>Líneas</b>	<b>Media (%)</b>
13	9.50
26	8.750
3	8.750
17	8.750
1	8.500
27	8.500
4	8.250
28	8.250
7	8.250
9	8.250
8	8.000
16	8.000
5	8.000
14	7.750
20	7.500
11	7.500
6	7.250
10	7.250
23	7.000
12	7.000
22	6.750
30	6.750
21	6.250
29	6.250
18	6.000
25	5.500
15	5.250
16	4.750
24	4.500
DMS	2.0657

**Cuadro. 4.9 Medias para plantas normales a los doce días de la prueba de germinación y vigor.**

<b>Líneas</b>	<b>Media (%)</b>
13	9.5000
1	9.0000
3	9.0000
17	9.0000
26	8.7500
4	8.5000
16	8.5000
27	8.5000
10	8.5000
5	8.5000
12	8.2500
7	8.2500
14	8.2500
9	8.2500
28	8.2500
6	8.0000
8	8.0000
11	7.5000
30	7.5000
20	7.5000
23	7.2500
22	7.0000
21	6.7500
18	6.7500
29	6.5000
15	5.7500
25	5.5000
19	5.0000
24	4.5000
DMS	1.9404

Los análisis de varianza para longitud de raíz y plúmula tomada a los 8 y 12 días (Cuadros 4.10, 4.11, 4.14 y 4.15) mostraron diferencias entre líneas para vigor, lo cual

significa que este atributo puede estar determinado por el genotipo de los materiales, como lo señala Perry (1987), puesto que la semilla provino de similares condiciones y año de producción.

**Cuadro 4.10. Análisis de varianza para longitud de raíz de líneas de trigo macarronero en prueba estándar de germinación. Lectura a los ocho días.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	
Repeticiones	3	170.120	56.706	**
Líneas	28	203.012	7.250	*
Error	84	373.004	4.440	
Total	115			

CV(%) 21.25. \*\* significativo al 0.01 de probabilidad

**Cuadro 4.11. Análisis de varianza para longitud de raíz de líneas de trigo macarronero en prueba estándar de germinación. Lectura a los doce días.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	
Repeticiones	3	11.810	3.937	
Líneas	28	269.366	9.620	**
Error	84	383.065	4.560	
Total	115			

C.V(%) 16.8. \*\* significativo al 0.01 de probabilidad

**Cuadro. 4.12. Medias para longitud de plúmula, a ocho días.**

<b>Líneas</b>	<b>Media (cm)</b>
13	9.500
20	8.000
3	7.500
7	7.500
9	7.500
27	7.500
1	7.000
14	7.000
8	7.000
10	7.000
12	7.000
17	7.000
26	7.000
25	7.000
16	7.000
4	7.000
23	6.500
5	6.500
22	6.500
18	6.500
15	6.000
21	6.000
28	6.000
30	6.000
6	5.500
24	5.000
19	4.000
11	4.000
29	3.500
DMS	2.0556

**Cuadro. 4.13. Medias para longitud de plúmula, a doce días.**

<b>Líneas</b>	<b>Media</b>
---------------	--------------

13	19.000
26	15.500
4	14.500
22	14.250
27	14.000
9	14.000
20	14.000
25	14.000
8	13.500
7	13.500
5	13.375
1	13.000
14	13.000
23	13.000
21	13.000
10	12.875
3	12.750
16	12.500
12	12.500
28	12.000
6	11.500
30	11.250
24	11.000
15	10.500
17	10.500
19	10.000
18	9.500
29	8.000
11	7.000
DMS	3.9618

---

**Cuadro 4.14. Análisis de varianza para longitud de plúmula de líneas de trigo macarronero, en prueba estándar de germinación. tomada a los ocho días.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	
Repeticiones	3	9.482	3.160	
Líneas	28	173.862	6.209	**
Error	84	179.517	2.137	
Total	115			

CV(%) 22.86. \*\* significativo al 0.01 de probabilidad

**Cuadro 4.15. Análisis de varianza para longitud de plúmula de líneas de trigo macarronero, en prueba de germinación estándar. Tomada a los doce días.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	
Repeticiones	3	113.327	37.775	
Líneas	28	600.237	21.437	**
Error	84	666.797	7.938	
Total	115			

CV(%)22.477. \*\* significativo al 0.01 de probabilidad

La prueba de medias para longitud de plúmula y raíz a los 8 y 12 días mostraron que todos los materiales mejoraron su expresión de los 8 a 12 días (Cuadro 4.12, 4.13 4.16 y 4.17).

**Cuadro. 4.16. Medias para longitud de raíz a ocho días.**

<b>Líneas</b>	<b>Media</b>
20	12.375

7	12.250
27	12.125
13	11.750
16	11.500
26	11.000
4	10.500
25	10.500
10	10.500
3	10.500
12	10.500
5	10.375
22	10.375
23	10.000
6	10.000
28	10.000
8	9.875
14	9.375
17	9.000
15	9.000
1	9.000
24	9.000
21	8.500
9	8.500
30	8.500
19	8.000
11	8.000
29	8.000
18	8.000
DMS	2.9631

**Cuadro. 4.17. Medias de longitud de raíz de doce días.**

<b>Líneas</b>	<b>Medias</b>
13	15.125

---

7	15.000
26	14.875
27	14.500
23	14.500
25	14.000
3	14.000
4	13.875
16	13.625
8	13.500
10	13.375
28	13.375
20	13.250
5	13.250
1	13.000
12	12.750
22	12.625
30	12.500
9	12.375
15	12.000
17	12.000
21	11.875
6	11.875
14	11.500
24	10.500
18	10.500
19	10.250
29	10.000
11	9.500
DMS	3.0028

---

### **Experimento 3. Prueba de Establecimiento en Laboratorio**

El experimento de establecimiento en condiciones controladas se analizó mediante un análisis de varianza por cada fecha de lectura, a partir del quinto día después de la siembra. Estos análisis revelaron diferencias estadísticamente

significativas entre líneas a partir del segundo muestreo, el cual correspondió a seis días después de la siembra (Cuadro 4.18).

**Cuadro 4.18. Medias del porcentaje de plantas de trigo macarronero, emergidas en prueba de establecimiento en laboratorio.**

Línea	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
a																
1	0	47.2	66.6	69.4	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2
3	0	41.6	52.7	58.3	58.8	58.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8	63.8
4	0	47.0	64.7	67.6	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5	70.5
5	0	44.1	61.7	76.4	83.8	83.8	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7
6	0	59.3	62.5	75.0	84.3	84.3	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6
7	0	42.4	54.5	63.6	75.7	75.5	78.7	78.7	78.7	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8
8	0	53.4	62.5	68.7	75.0	75.0	78.1	78.1	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2
9	0	63.6	84.8	85.6	85.6	85.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6
10	0	48.4	63.6	69.6	69.6	69.6	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7
11	0	62.0	79.3	86.2	93.1	93.1	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2	98.2
12	0	54.5	72.7	78.7	78.7	78.7	81.8	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6
13	0	44.7	60.5	65.7	68.4	71.0	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5
14	0	68.7	78.1	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3
15	0	65.0	80.0	80.0	80.0	80.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
16	0	58.8	70.5	76.4	82.3	82.3	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2
17	0	57.1	57.1	60.0	65.7	68.5	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
18	0	57.6	82.6	90.3	90.3	90.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3	92.3
19	0	75.0	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4
20	0	46.6	73.3	81.6	81.6	81.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6
21	0	76.0	92.0	96.0	97.0	97.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
22	0	51.8	76.8	90.7	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2
23	0	41.3	89.6	93.9	93.9	93.9	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8	94.8
24	0	76.4	97.0	98.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25	0	79.5	84.0	95.4	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
26	0	51.4	79.2	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1
27	0	83.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
28	0	76.6	79.8	85.4	85.4	85.4	88.7	88.7	88.7	88.7	88.7	88.7	88.7	88.7	88.7	88.7
29	0	68.0	77.0	81.0	81.0	89.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0	91.0
30	0	63.3	68.3	71.6	78.3	78.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3
DMS	0	1.77	1.35	1.20	1.11	1.10	1.08	1.08	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	0.96

T1, T2, T3.....T16= tiempo en días.

La evaluación del establecimiento en condiciones de laboratorio, reveló que hay materiales con una excelente capacidad de establecimiento como lo fueron: la línea 27, la cual alcanzó un 100 por ciento a los seis días de la siembra, la línea 24 con 100 por ciento a los nueve días después; así como las 19, 21 y 25 que alcanzaron más del 90 por ciento de establecimiento entre los siete y ocho días después de la siembra. Mostró

también que las líneas 1, 3, 4 y 10 tuvieron la menor capacidad de establecimiento, con variaciones entre el 70 y 78 por ciento (Cuadro 4.18).

Con el propósito de tener una comparación en cuanto la velocidad y capacidad de establecimiento, se procedió a la elaboración de una gráfica para cada línea y la línea testigo Altar C-84 (Figuras 30 a 58).

Respecto a la velocidad de establecimiento, solamente las líneas 7 y 8 alcanzaron su máximo establecimiento entre dos y tres días después que Altar C-84 (Fig. 35a y 36a), siendo el resto de las líneas similares a la línea testigo. De lo anterior es notorio que las líneas 14, 19, 26, y 27 tuvieron una excelente velocidad de establecimiento, alcanzando su máximo porcentaje de plántulas entre los 7 y 8 días después de la siembra (Fig. 42, 47, 54, y 55).

Respecto a la capacidad de establecimiento, las líneas 1, 3 y 4 mostraron tener menor porcentaje de plantas que la variedad comercial al momento de alcanzar su máximo establecimiento (Fig. 30, 31 y 32); en cambio las líneas 11, 21, 24 y 27 mostraron tener mejor establecimiento que la variedad comercial (Fig. 39, 49, 53, y 55), con variaciones entre el 98 y 100 por ciento.

#### **Experimento 4. Establecimiento en Invernadero**

El experimento de establecimiento en condiciones de invernadero se analizó mediante un análisis de varianza, por cada fecha de lectura a partir del quinto día después de la siembra. Los análisis mostraron diferencias estadísticamente significativas entre líneas a partir del quinto muestreo, el cual correspondió a nueve días después de la siembra (Cuadro 4.19). Esta evaluación del establecimiento en invernadero mostró de manera clara que los materiales evaluados redujeron

notablemente su capacidad de establecimiento bajo condiciones no óptimas, como las que proporcionó la evaluación en laboratorio. Sin embargo, los resultados de esta evaluación no son consistentes con los de la evaluación en condiciones de laboratorio, ya que las líneas con mejor capacidad de establecimiento, no son necesariamente las mismas en ambos experimentos, aunque parcialmente coinciden en clasificar a la línea 1, con la peor capacidad de establecimiento (Cuadro 4.19).

Esta prueba de establecimiento, simulando condiciones de campo, mostró también ser de efectos más drásticos, ya que bajo estas condiciones hubo líneas, aparte de las mencionada anteriormente con una reducida capacidad de establecimiento, al final de la toma de lecturas, que varió entre el 55 y 78 por ciento (Cuadro 4.19).

El análisis de establecimiento tomando en cuenta la velocidad y la máxima emergencia de plántulas, a través de las gráficas de cada línea con respecto a la línea testigo, (Figura 58 a 85), mostró que las líneas 1, 6, 7 y 17 tuvieron su máximo porcentaje de plántulas entre tres y seis días después que el testigo (Figuras 59, 63, 64 y 74), y solamente las líneas 14, 16, 18, 24, 26 y 27 mostraron la misma velocidad que el testigo (Figuras 71, 73, 75, 81, 83, y 84).

Un análisis similar de las gráficas respecto a emergencia mostró que las líneas 1, 16 y 19 tuvieron la máxima emergencia de plántulas estadísticamente menor a la línea testigo; la mayoría de las líneas mostraron porcentajes de plantas emergidas similares y solamente la línea 27 mostró mayor número de plantas que la línea testigo.

**Cuadro 4.19. Medias del porcentaje de plantas de trigo macarronero emergidas en prueba de establecimiento en invernadero.**

Línea	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13T	T14	T15	T16
1	0	13.8	52.7	55.5	58.3	58.3	58.3	61.1	63.8	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6
3	0	8.33	41.6	58.3	61.1	61.1	63.8	63.8	63.8	69.4	69.4	72.2	72.2	72.2	72.2	72.2
4	0	26.4	50.0	61.7	64.7	67.6	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4
5	0	8.82	58.8	79.4	86.7	86.7	89.7	92.6	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
6	0	18.7	56.2	75.0	78.1	78.1	84.3	84.3	84.3	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5

7	0	33.3	42.4	72.7	75.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7	81.8	81.8	81.8	81.8
8	0	9.37	46.8	62.5	68.7	71.8	71.8	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
9	0	12.1	36.3	54.5	57.5	60.6	63.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6	66.6
10	0	18.1	39.3	72.7	78.7	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8
11	0	31.0	37.9	58.6	62.0	62.0	65.5	72.4	72.4	72.4	72.4	72.4	72.4	72.4	72.4	72.4	72.4
12	0	27.2	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7	72.7
13	0	0.00	55.2	57.8	68.1	70.8	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0
14	0	31.2	53.1	71.8	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1	78.1
15	0	20.0	55.0	75.0	80.0	80.0	80.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
16	0	11.7	36.0	52.9	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8	55.8
17	0	47.8	62.1	67.8	82.1	82.1	85.0	85.0	85.0	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
18	0	40.3	63.4	80.7	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2
19	0	0.00	22.2	52.7	52.7	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
20	0	10.0	60.0	80.0	80.0	83.3	83.3	83.3	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6	86.6
21	0	21.0	52.0	61.0	65.0	65.0	69.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0
22	0	22.2	50.9	65.7	69.4	73.1	73.1	73.1	76.8	76.8	76.8	76.8	76.8	76.8	76.8	76.8	76.8
23	0	3.44	48.2	74.1	74.1	74.1	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5
24	0	5.88	55.8	85.2	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1
25	0	9.09	54.54	63.6	75.0	79.5	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8
26	0	33.5	76.4	93.5	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7
27	0	54.1	79.1	95.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
28	0	9.67	77.4	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5	89.5
29	0	16.0	48.0	52.0	56.0	56.0	56.0	56.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
30	0	6.66	53.3	78.3	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6	81.6
DMS	0	3.805	3.20	2.03	1.75	1.63	1.54	1.51	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

T1, T2, T3.....T16= tiempo en días.

### Análisis de correlaciones.

El análisis de correlaciones entre las variables estudiadas se muestra en el Cuadro 4.20. El resultado expresa que no hubo relación entre los establecimientos tanto en invernadero como bajo condiciones de laboratorio, lo que puede indicar, bajo las condiciones en que se realizó este trabajo, que la prueba de establecimiento en laboratorio no es un buen predictor del establecimiento en campo. De la misma manera, la prueba de germinación y la prueba de vigor no predicen el establecimiento en condiciones controladas o de campo.

**Cuadro 4.20. Coeficiente de correlación lineal simple entre atributos de calidad de semilla de trigo macarronero (primer renglón) y la probabilidad de significancia (segundo renglón).**

	<b>NO</b>	<b>RA</b>	<b>PL</b>	<b>PI</b>	<b>A2</b>	<b>AT</b>	<b>CHA</b>	<b>INV</b>
<b>NO</b>	1.00000	0.46930	0.51071	-0.0099	-0.0353	0.01903	-0.1641	0.05574
	0.0	0.0001	0.0001	0.9155	.07065	0.8393	0.0782	0.5523
<b>RA</b>		1.00000	0.59067	0.15493	0.14638	0.19151	0.10817	0.04929
		0.0	0.0001	0.0968	.01169	0.0395	0.2478	0.5993
<b>PL</b>			1.00000	-0.0222	0.01395	0.07417	-0.1543	0.07846
			0.0	0.8126	0.8819	0.4288	0.0982	0.4025
<b>PI</b>				1.00000	0.88068	0.82778	0.21991	0.31011
				0.0	0.8819	0.0001	0.0177	0.0007
<b>A2</b>					1.00000	0.80582	0.20970	0.25010
					0.0	0.0001	0.0239	0.0068
<b>AT</b>						1.00000	0.18092	0.24497
						0.0	0.0519	0.0080
<b>CHA</b>							1.00000	0.01542
							0.0	0.8695
<b>INV</b>								1.00000
								0.0

NO= pta normales RA=raíz PL=plúmula PI=peso inicial A2=agua absorbida a 2 hr AT=agua total CHA= establecimiento en charolas o laboratorio INV=establecimiento en invernadero.

De acuerdo con los coeficientes de correlación estadísticamente significativos de este análisis, tanto el establecimiento en condiciones controladas (laboratorio), como en condiciones de campo (invernadero), dependen de la capacidad de imbibición a las dos horas y del agua total acumulada al final de la prueba (12 horas de imbibición), las cuales dependen a su vez del peso inicial de la semilla.

La información mostrada en el Cuadro 4.20 reveló también que la germinación (número de plántulas normales) depende, como se esperaba, del vigor de la semilla, ya que el número de plantas normales se determinó mediante la lectura de longitud y buen estado de desarrollo de la plúmula y la radícula. Por su parte, la longitud de la radícula parece estar determinada por el agua total absorbida y ésta a su vez por el peso inicial de la semilla.



## CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis y discusión de los resultados de esta investigación, se llegó a concluir que:

- El peso individual de la semilla determinó el agua total absorbida; así como la longitud de radícula, un componente del vigor de plántula.
- La capacidad de germinación dependió del vigor de la semilla, pero estos dos atributos de la calidad fisiológica no predijeron el establecimiento en laboratorio o campo.
- El establecimiento en laboratorio y campo dependió de la capacidad de imbibición a las dos horas de iniciado el contacto de la semilla con el agua y de la imbibición total.
- La prueba de establecimiento en laboratorio no predijo el establecimiento en campo.

## LITERATURA CITADA

- Association of Official Seed Analysts. (AOSA).1983.Seed vigor, testing handbook. The Seed vigor test commite of the AOSA..82 p.
- Andrews, H. 1978. Vigor de la semilla. Curso de Tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Badhoria, B.S., G.C. Aggarwal, and B.R. Tripathi. 1983. Emergence and seedling vigour of maize as influenced by soil moisture content, seed soaking, planting depht and veriety. Indian J. Of Agron. 28(1):73-75 India.
- Bewley, J.D., and M. Black. 1984. Seed physiology of development and germination. Berlin: Heidelberg, New York, Springer-Verlang.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México. P71.
- Bustamente, G.L.. 1982. Semillas: Control y evaluación de su calidad. Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN. México.
- Burris, J. S. 1975. Seedling vigor and its effect on field production of corn. Proc. 30 th Anual corn and sorghum Res. Conf. ASTA. Pp. 185-193.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). Carta Topográfica Saltillo. G14 C33. 1 ½ . Ed. Saltillo, Coahuila, México 1 p.
- Copeland, L.O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. 2nd. Ed. Burgess Publishing company. Minneapolis, Minesota. USA. 321 p.
- Come, D. and T. Tissaoui. 1973. Interrelated effects of imbibition, tamperature, and oxygen on Seed germination. In: Heydecker, W. (Ed.) Seed Ecology.
- Devlin, R.M. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. pp 52-54.
- Delouche, J.C. and W.P. Caldwell. 1978. Vigor de la semilla y los exámenes de vigor. Curso Tecnología de Semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Fernández S., J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, colombia. P. 11

- Hebblethwaite, P.D. 1983. Producción moderna de semillas Ed. Agropecuaria. Montevideo, Uruguay.
- Isely, D. 1975. Vigor tests. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. 47: 176-782.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. Rules for Seed Testing. USA.
- Jara, C, T.V. 1993. Potencial de Pruebas de Vigor Para el ensayo de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) Tesis de Maestría. UAAAN.
- Kovar, M. 1987. Wheat seed vigour. Sbornik UVTIZ, Genetika a Slecteni. 23(4):289-297. Czechoslovakia.
- Lees, P. 1980. Vigor de las semillas. Clave de las mejores cosechas, Agricultura de las Américas. 29:15-39. Kansas, U. S.A.
- McDonald Jr. M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Proc. Of Off. Seed Anal. 65 :117-122. U.S.A.
- McDonald Jr. M.B. 1977. The influence of seed moisture on the accelerated aging seed vigor test. J. Of Seed Tech. 2 (1):12-28 U.S.A.
- McDonald Jr. M.B., C.W. Vertucci and E. E. Roos. 1998. Soybean seed imbibition: water absorption by seed parts. Crop Science 28(6):993-997.
- Miranda, F. 1984. Vigor y pruebas de vigor de semillas. Conferencia VIII curso de postgrado en Tecnología de semillas CIAT. Colombia. 18 p.
- Mississippi State University (MSU). 1992. Vigor Testing Workbook. 38 th Short Course for Seedmen. Seed Tech. Lab Mississippi, U.S.A. 16 p.
- Mondragón, J.J. 1978. Germinación de Semillas de importancia agrícola. Tesis Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Moreno, M.E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México.
- Murdock h. L. And M. E. Foley. 1992. Imbibition of water in dormant and afterripened wild oat Caryopses and Embryos. NCWSS proceedings, Vol. 47.
- Nijenstein, J. H. 1988. Effects of soil moisture content and crop rotation on cold test germination of corn (*Zea mays* L.) Jour of Seed Technol. 12(1):99-106.USA.
- Nobbe, H.T. 1876. Marsh spot and hollow heart in Peas. Proc. Inst. Seed testing Association 25:536-537 U. S. A
- Patil, V.N. and C.H. Andrews. 1985. Cotton Seed resistant to water absorption and Seed deterioration Seed Sci. and Technol. 13: 193-199. USA.

- Perry, D. A. 1981. The concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. In: Hebblethwaite, P.D. (ed.). Seed production Butterworth Co. Great Britain.
- Perry, D. A. 1987. Introduction; Methodology and Application of vigour test; Growth and Evaluation Tests; Topographical Tetrazolium Test. ISTA Handbook of Vigour Test Methods. 2 De, Zurich, Switzerland. 72 p.
- Popinigis, F. 1985. Fisiología de Semente. 2a. Ed. Brasilia, D.F. p 40-68.
- Prusinski, J. 1989. The effect of seed treatment and seed moisture on field emergence ability of soybeans cv. Progress. Seed Abstracts. 12: 399:USA..
- Ragus, L.N. 1987. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigor Seed Sci and Technol. 15:285-296.USA.
- SAS 1996. Software Release 6.12 for Windows. SAS institute, Cary, North Carolina, USA
- Thomson, J. R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho Ltd. East Kilbride, Scotland. Great Britain. Pp. 1-15.

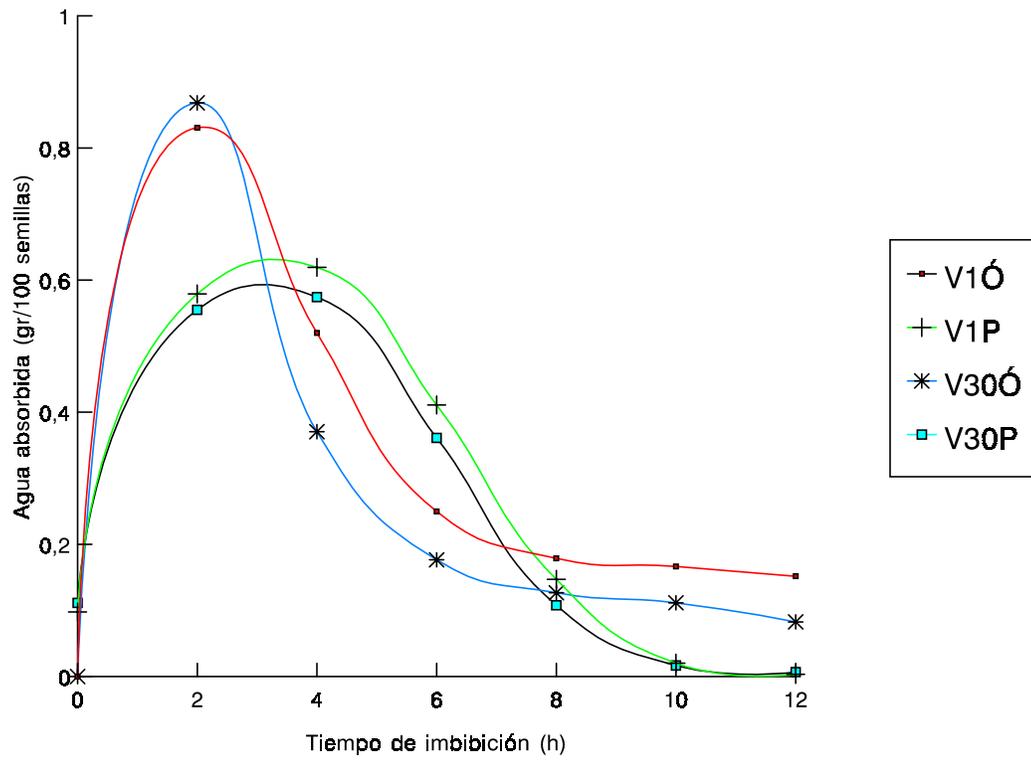


Fig. 1. Tasa de imbibición de semillas de la línea 1 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

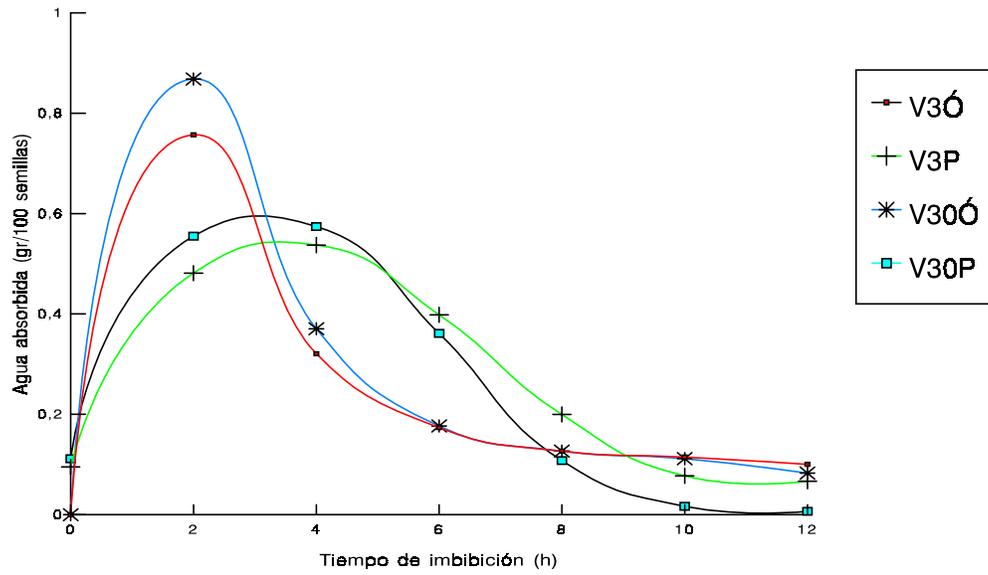


Fig. 2. Tasa de imbibición de semillas de la línea 3 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

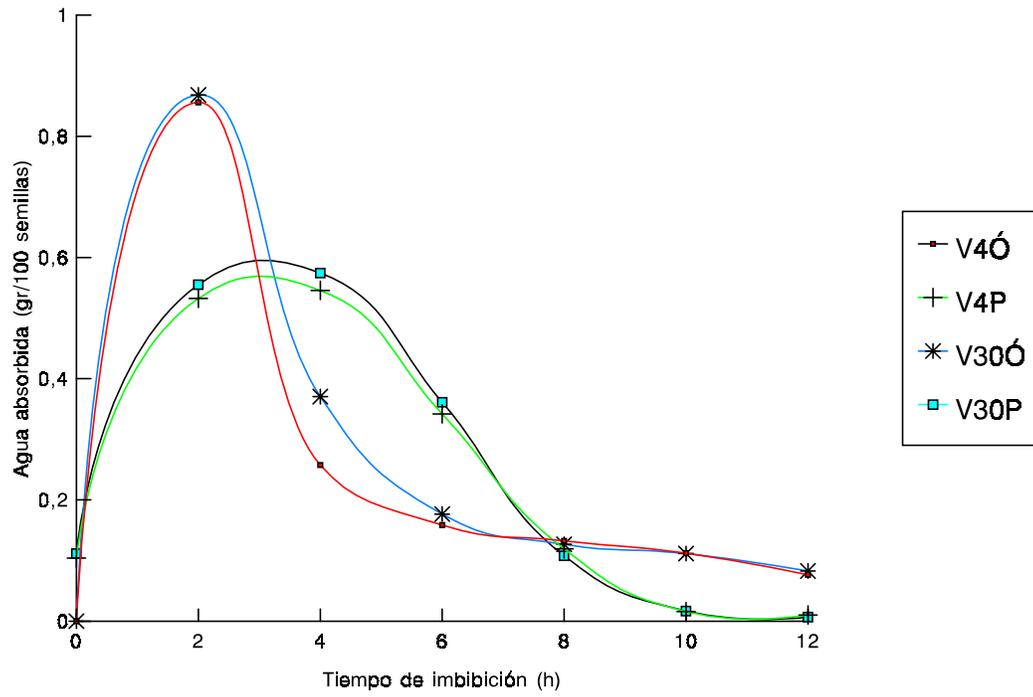


Fig. 3. Tasa de imbibición de semillas de la línea 4 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

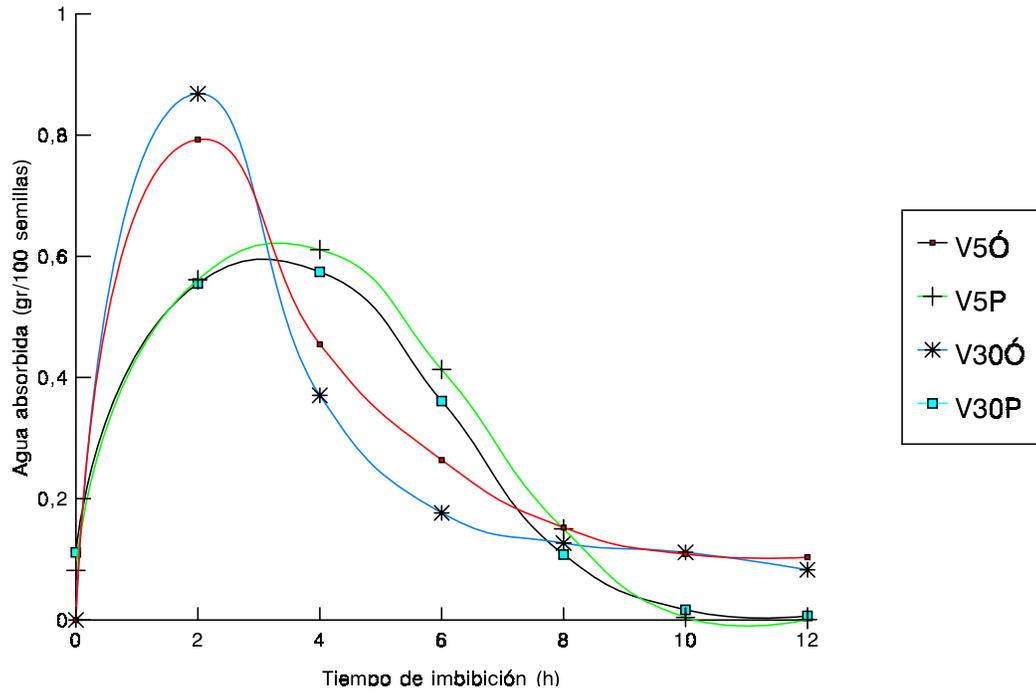


Fig. 4. Tasa de imbibición de semillas de la línea 5 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

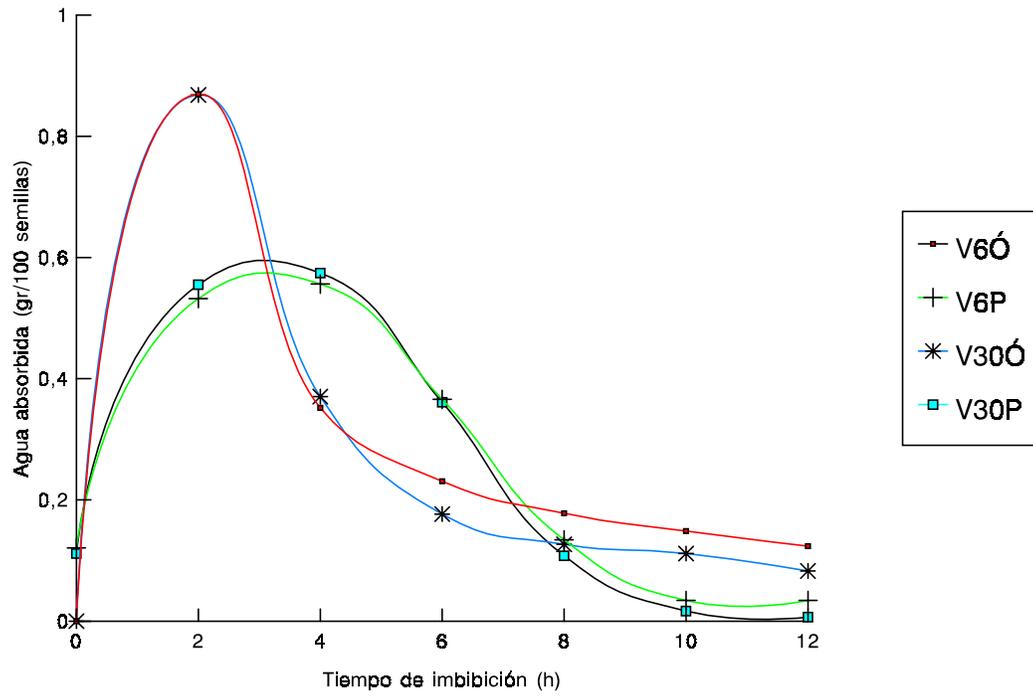


Fig. 5. Tasa de imbibición de semillas de la línea 6 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84

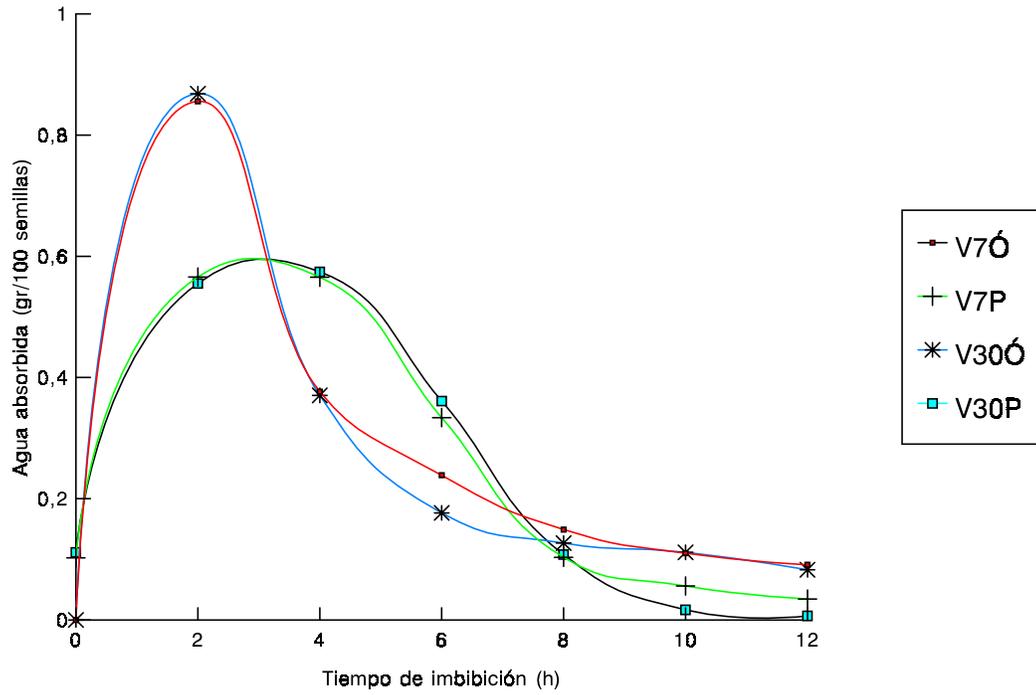


Fig. 6. Tasa de imbibición de semillas de la línea 7 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84

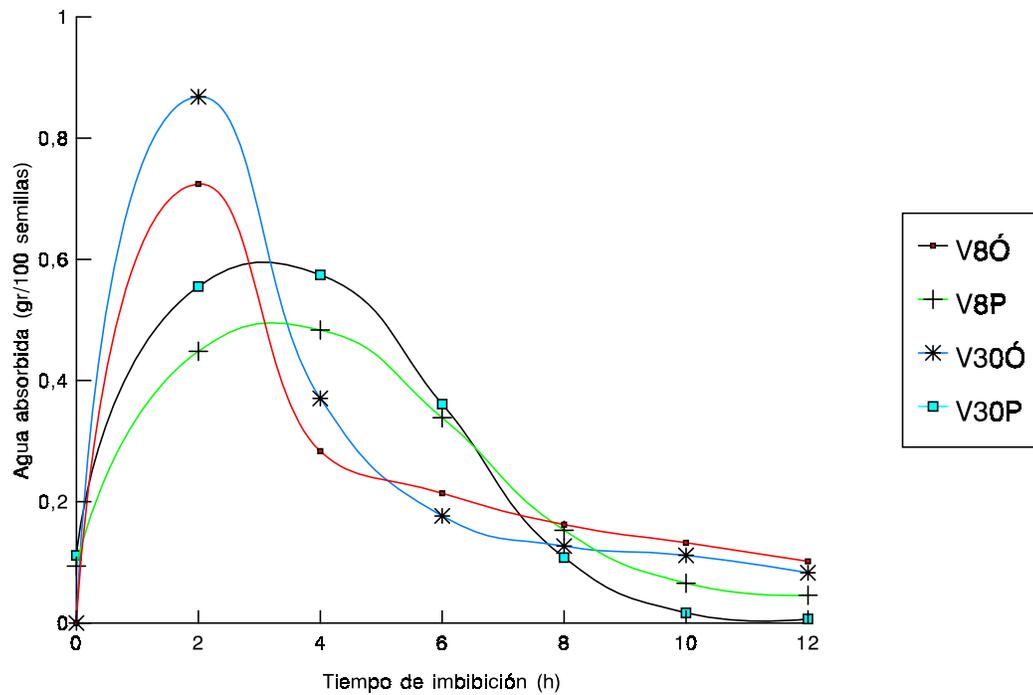


Fig. 7. Tasa de imbibición de semillas de la línea 8 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

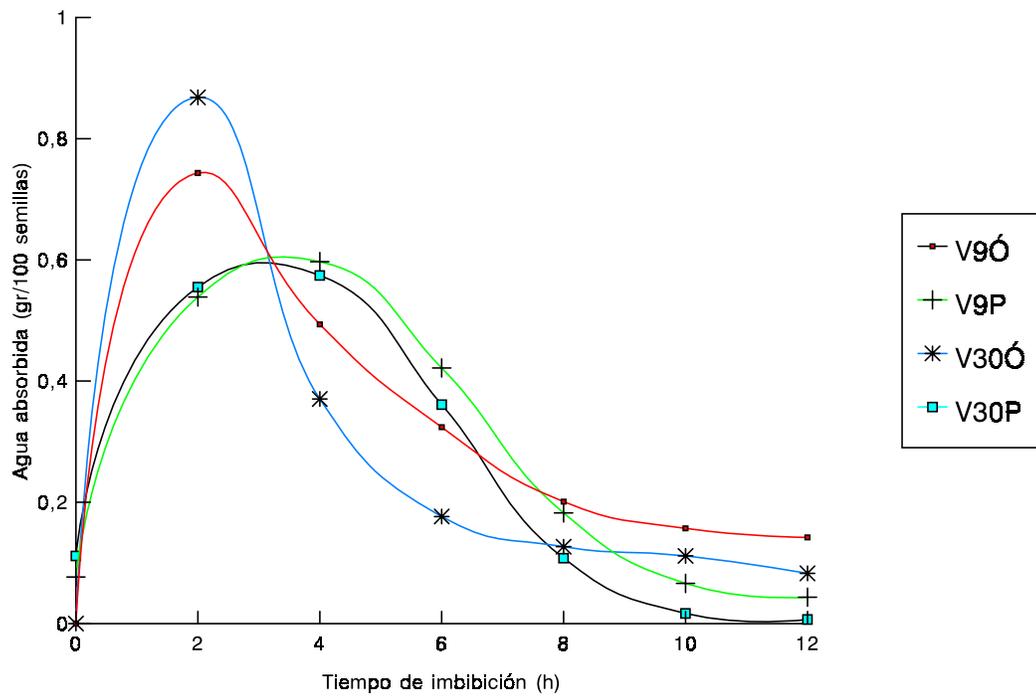


Fig. 8. Tasa de imbibición de semillas de la línea 9 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

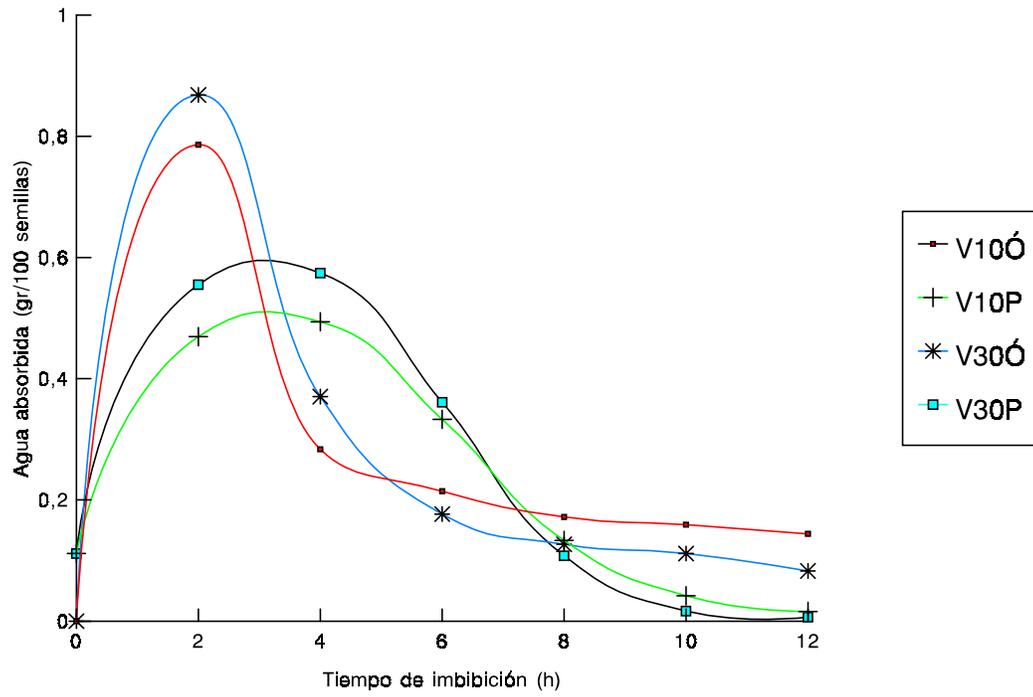


Fig. 9. Tasa de imbibición de semillas de la línea 10 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

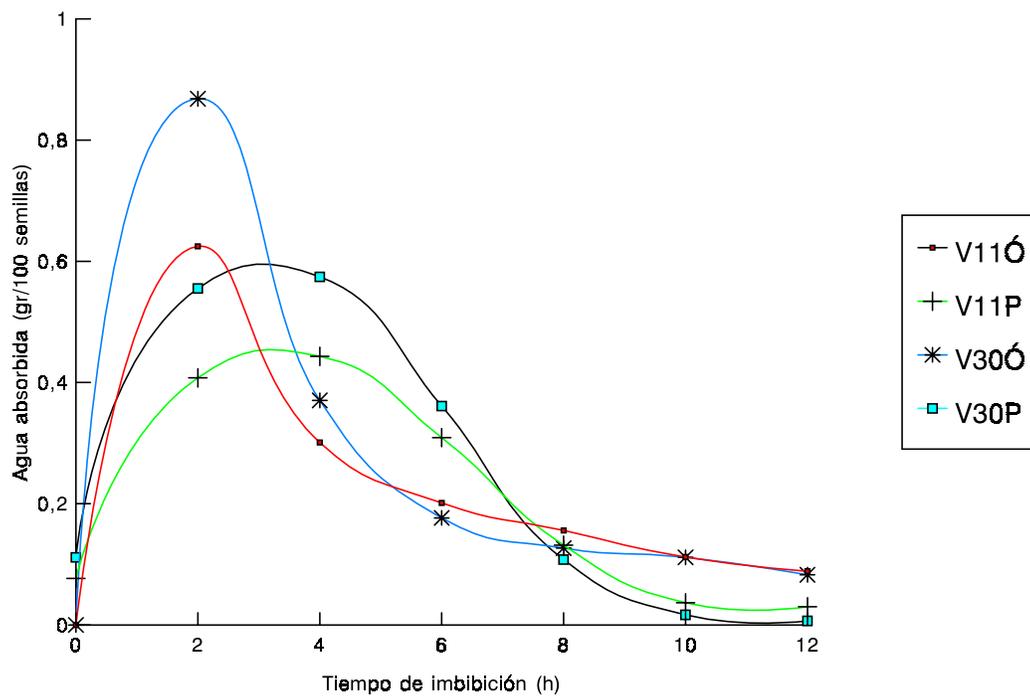


Fig. 10. Tasa de imbibición de semillas de la línea 11 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

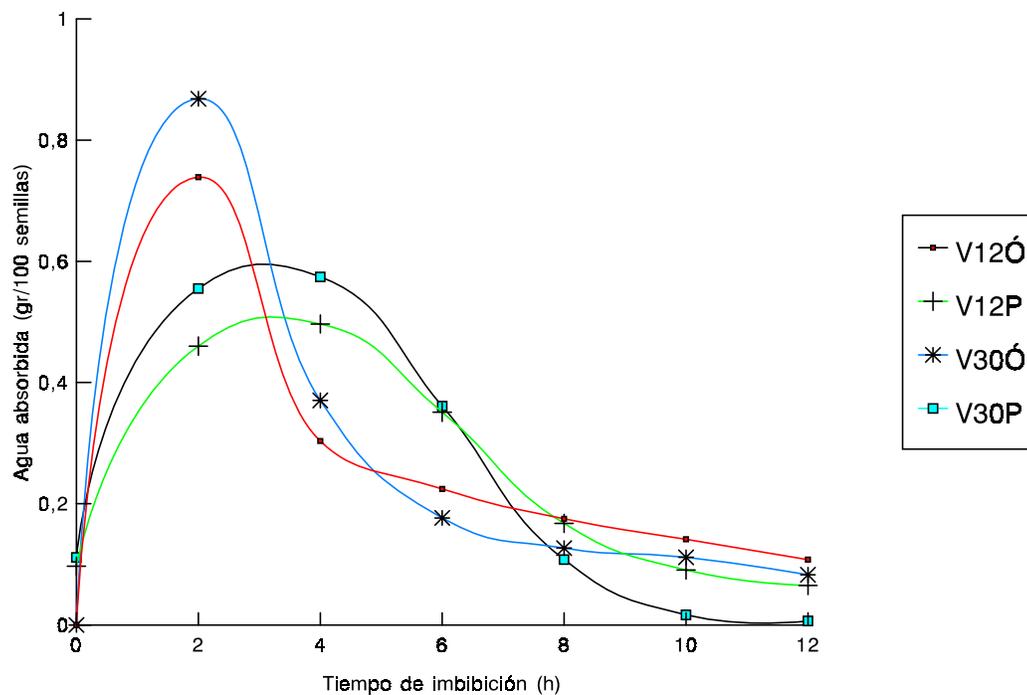


Fig. 11. Tasa de imbibición de semillas de la línea 12 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

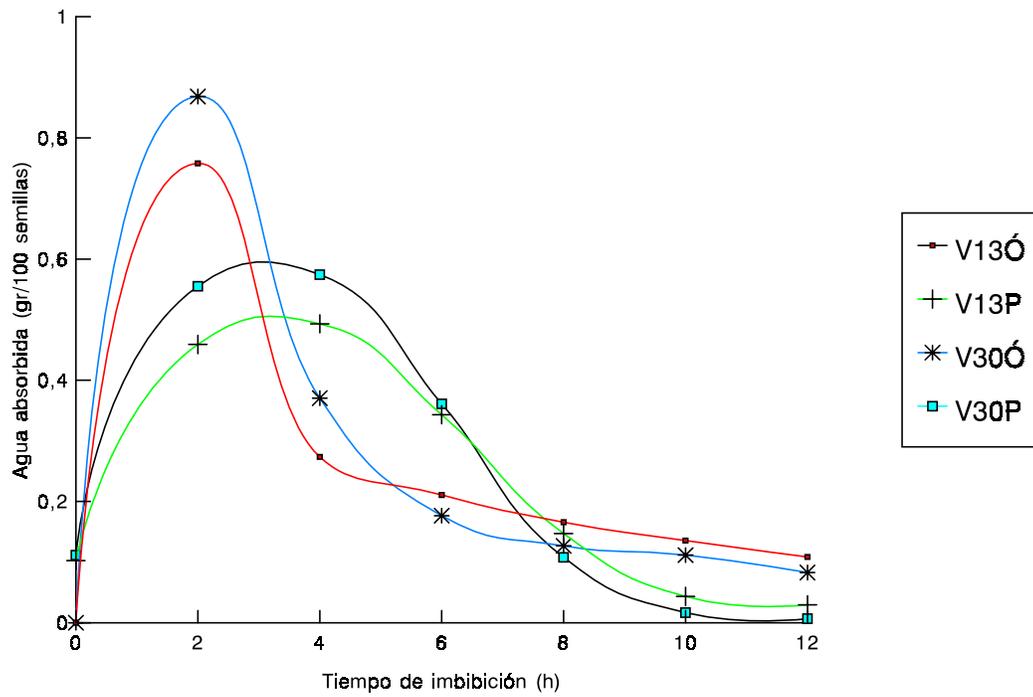


Fig. 12. Tasa de imbibición de semillas de la línea 13 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

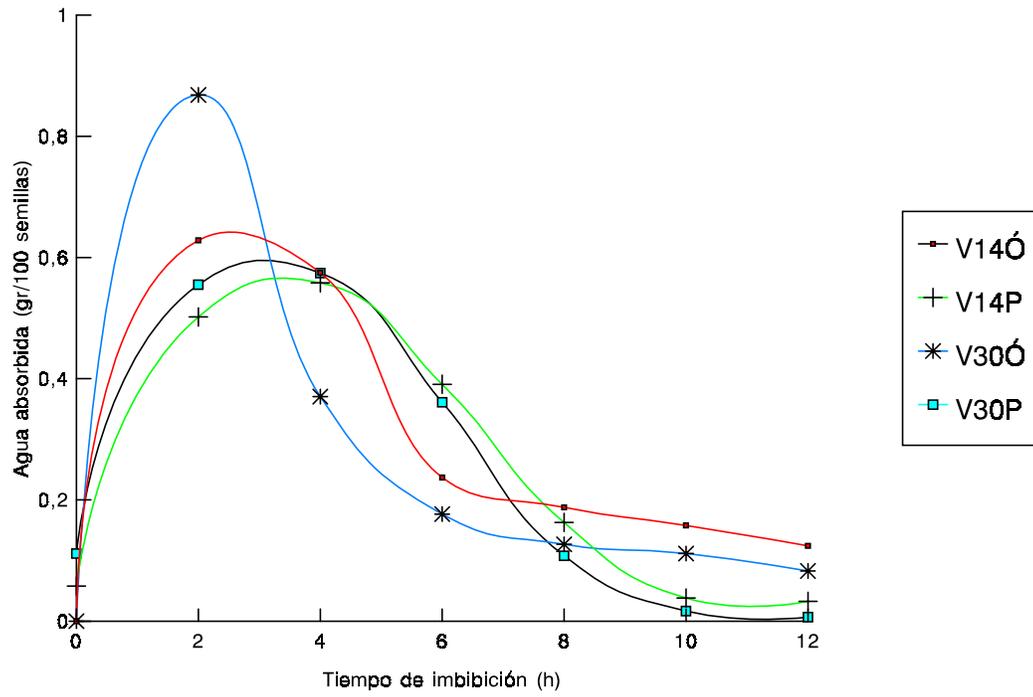


Fig. 13. Tasa de imbibición de semillas de la línea 14 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

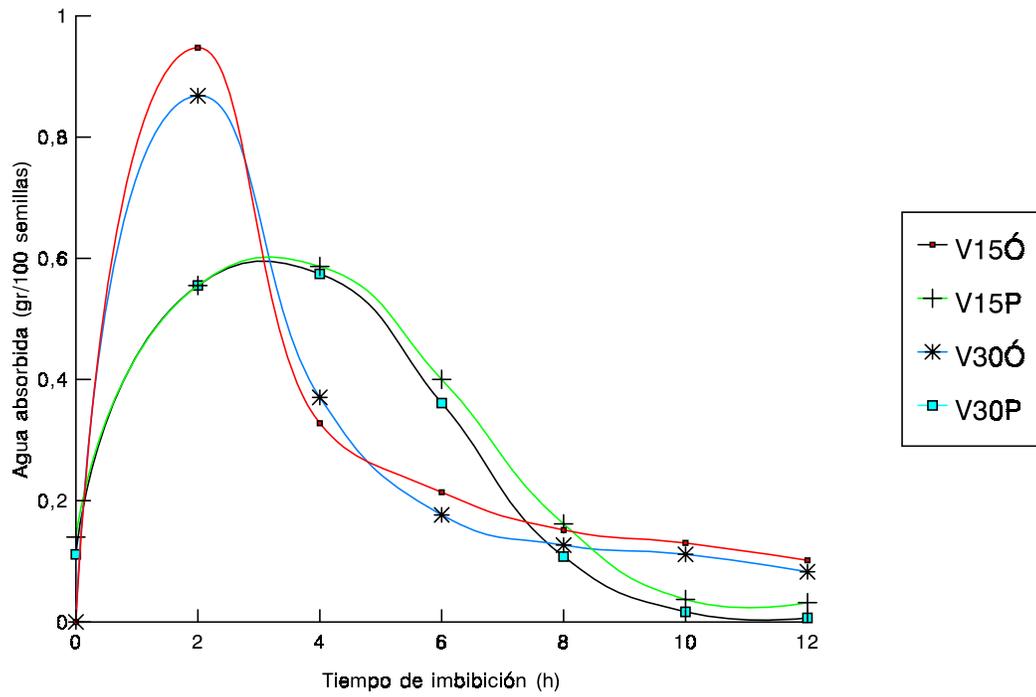


Fig. 14. Tasa de imbibición de semillas de la línea 15 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

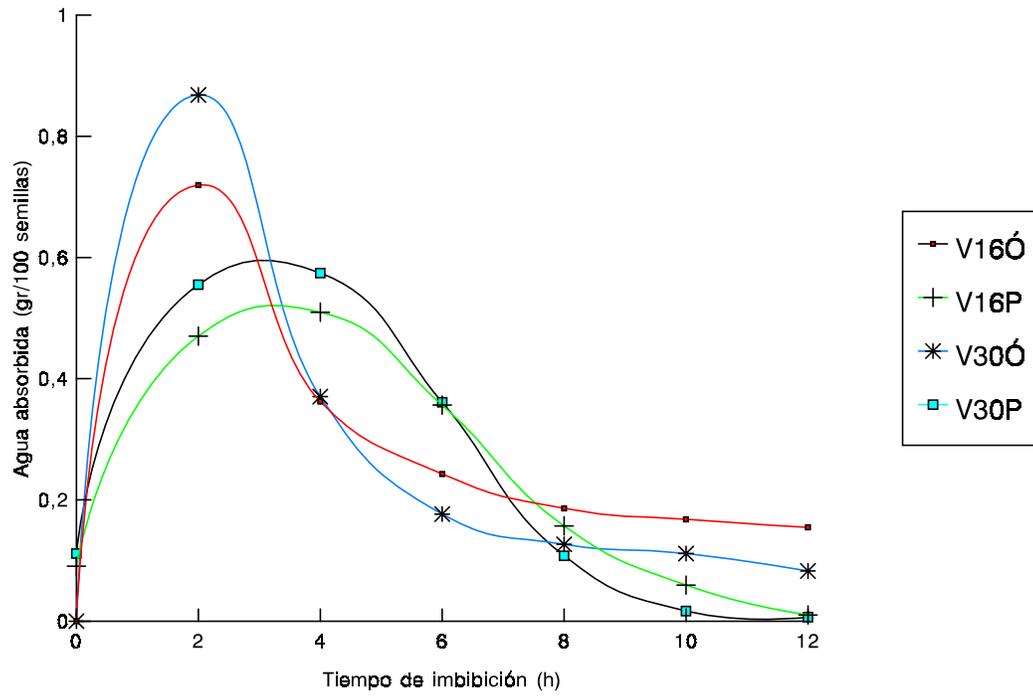


Fig. 15. Tasa de imbibición de semillas de la línea 16 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

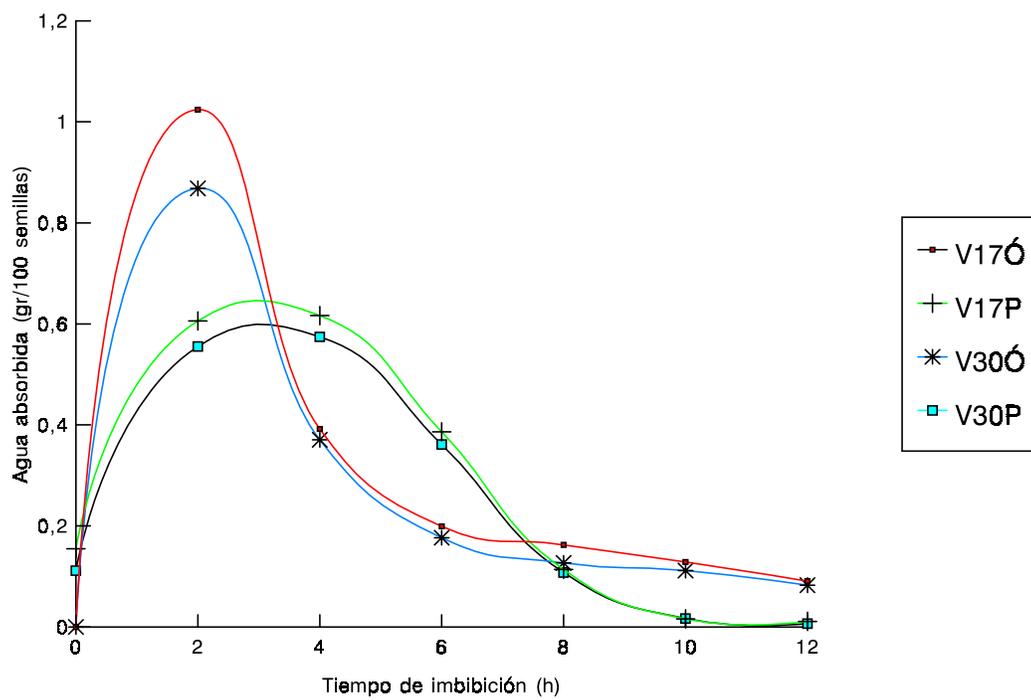


Fig. 16. Tasa de imbibición de semillas de la línea 17 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

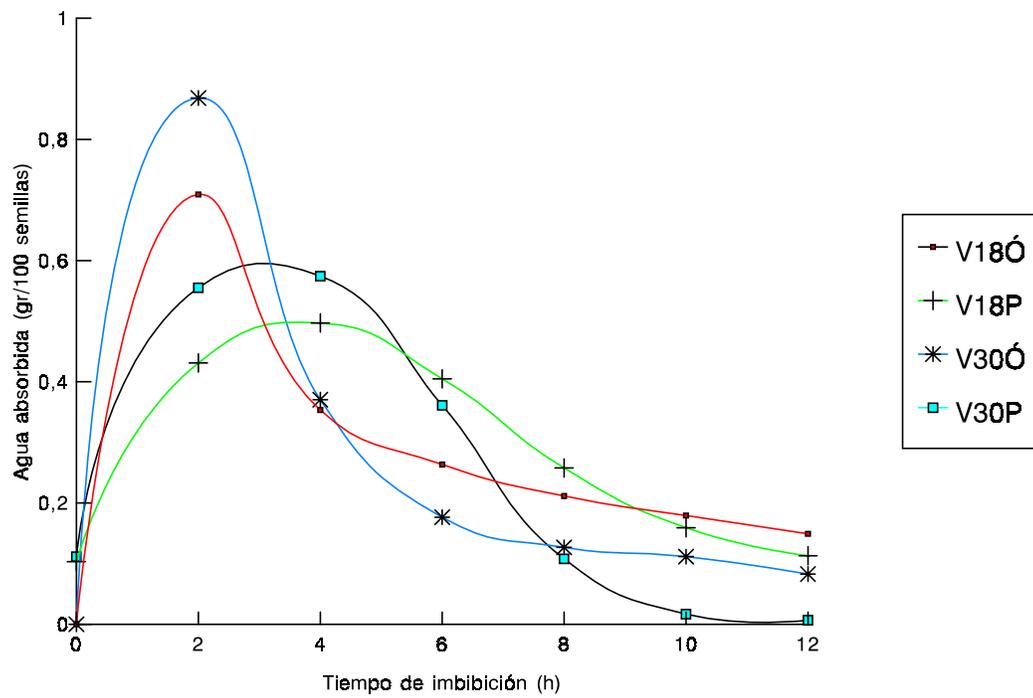


Fig. 17. Tasa de imbibición de semillas de la línea 18 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

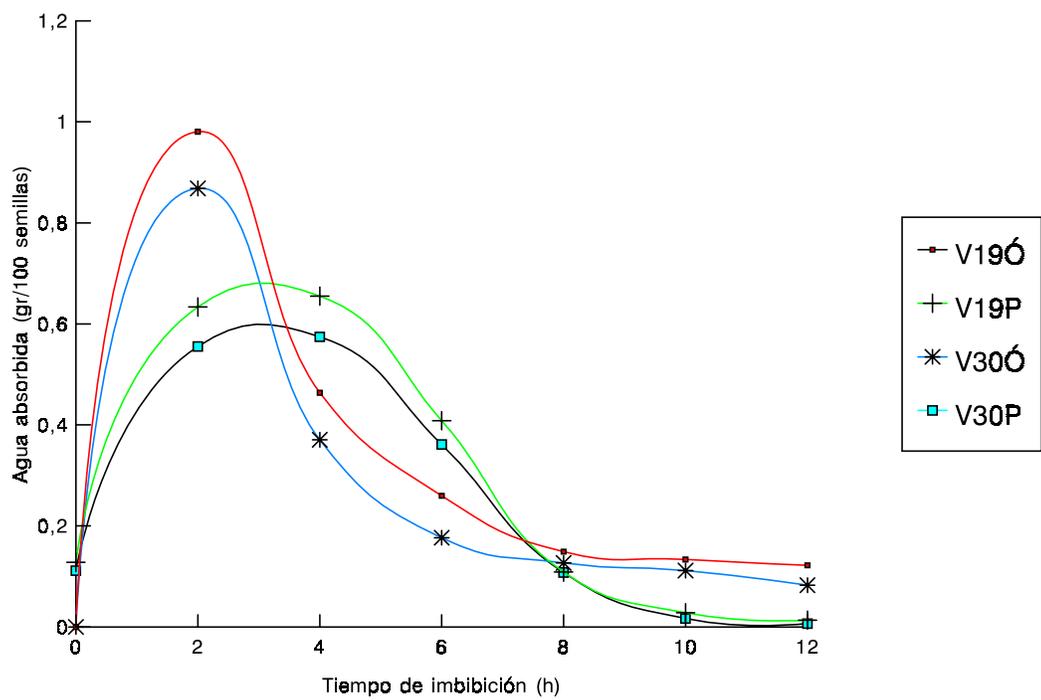


Fig. 18. Tasa de imbibición de semillas de la línea 19 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

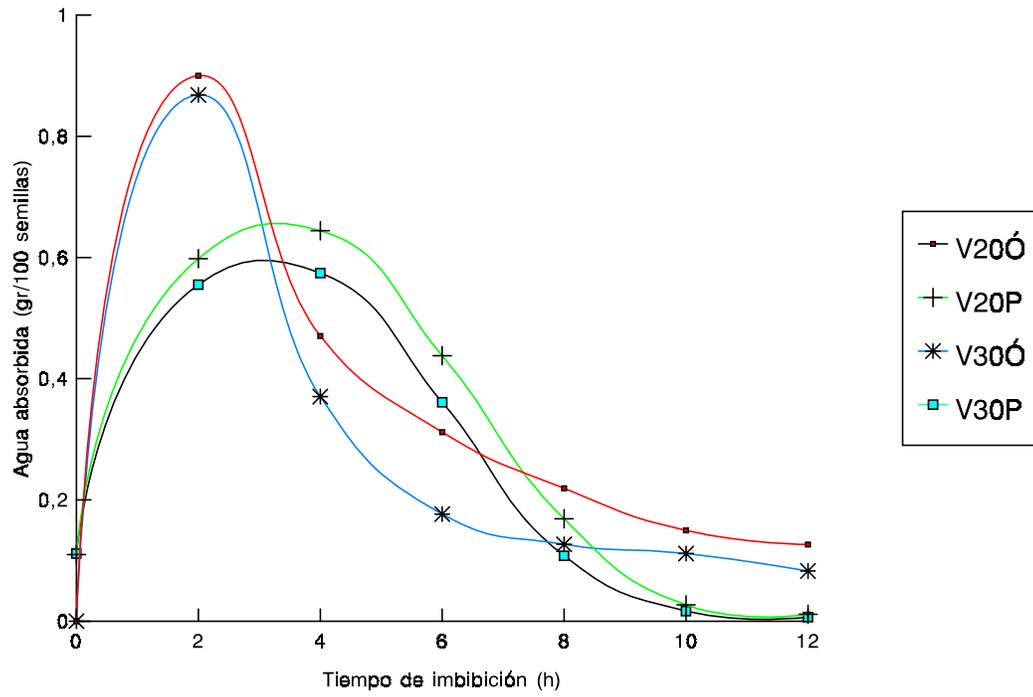


Fig. 19. Tasa de imbibición de semillas de la línea 20 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

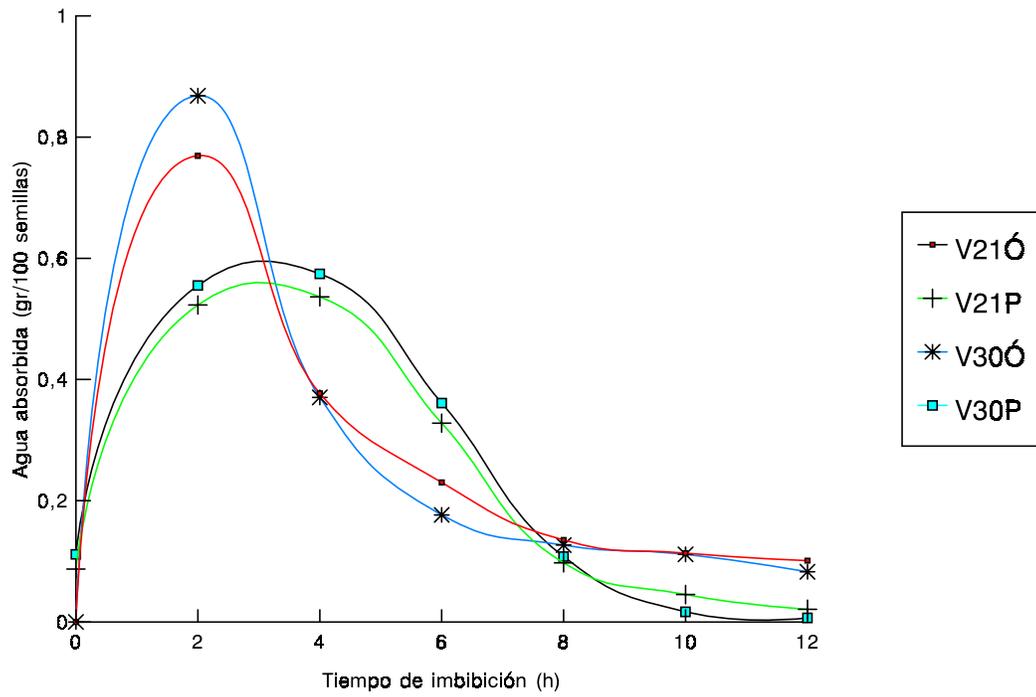


Fig. 20. Tasa de imbibición de semillas de la línea 21 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

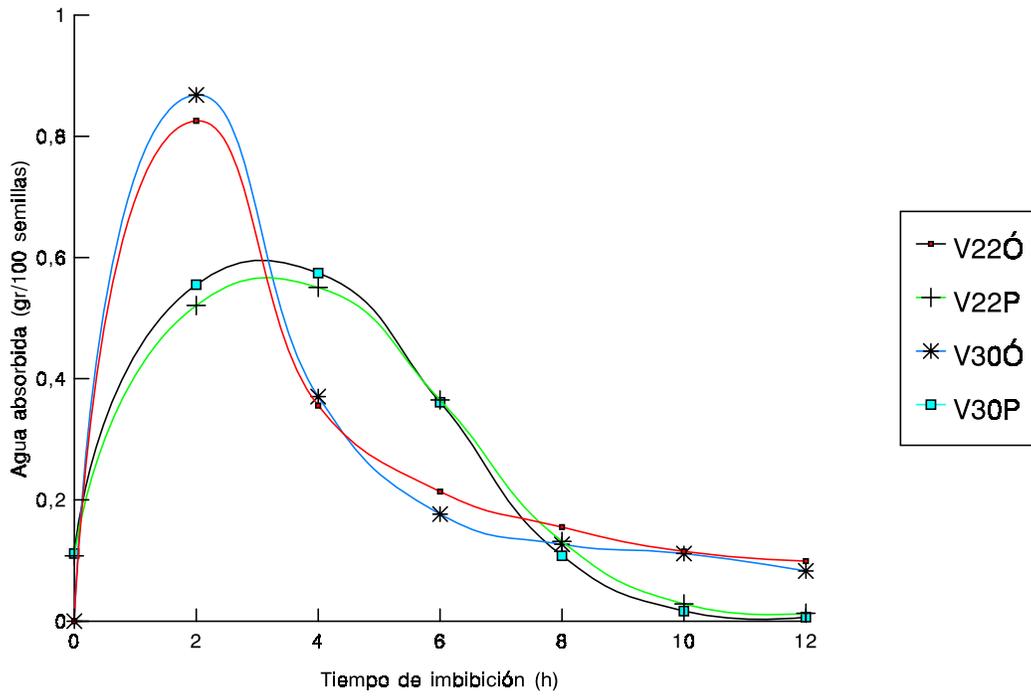


Fig. 21. Tasa de imbibición de semillas de la línea 22 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

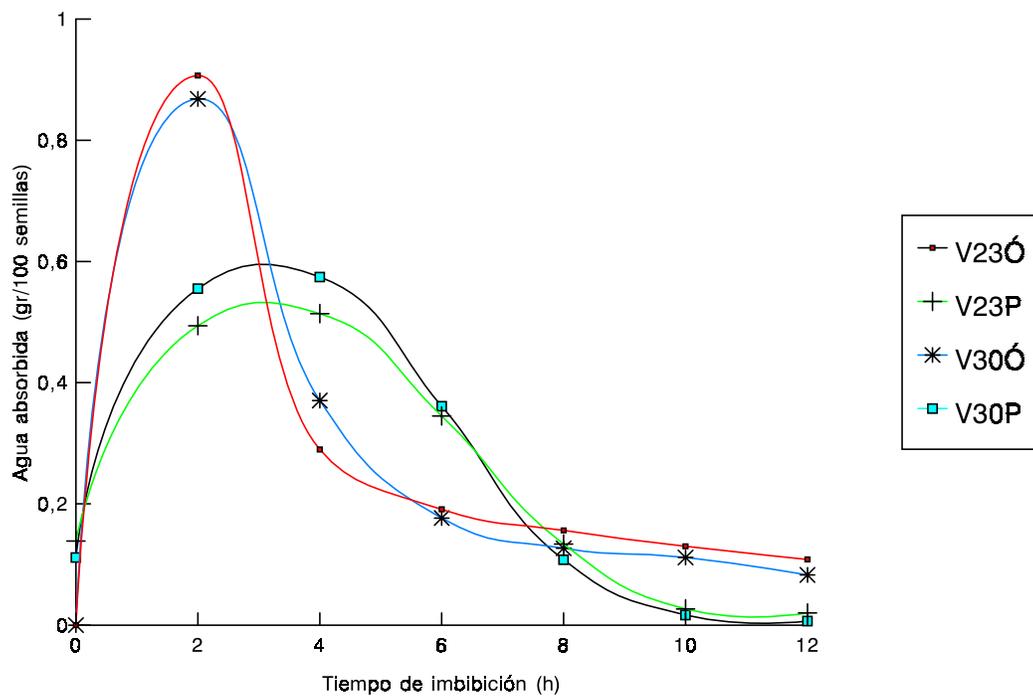


Fig. 22. Tasa de imbibición de semillas de la línea 23 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

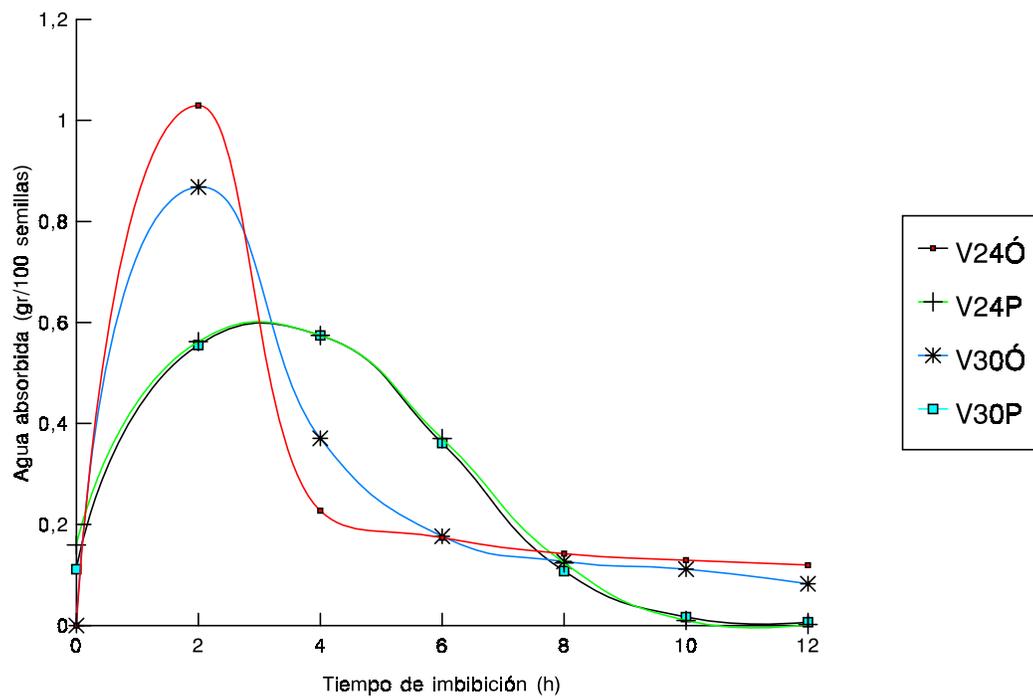


Fig. 23. Tasa de imbibición de semillas de la línea 24 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

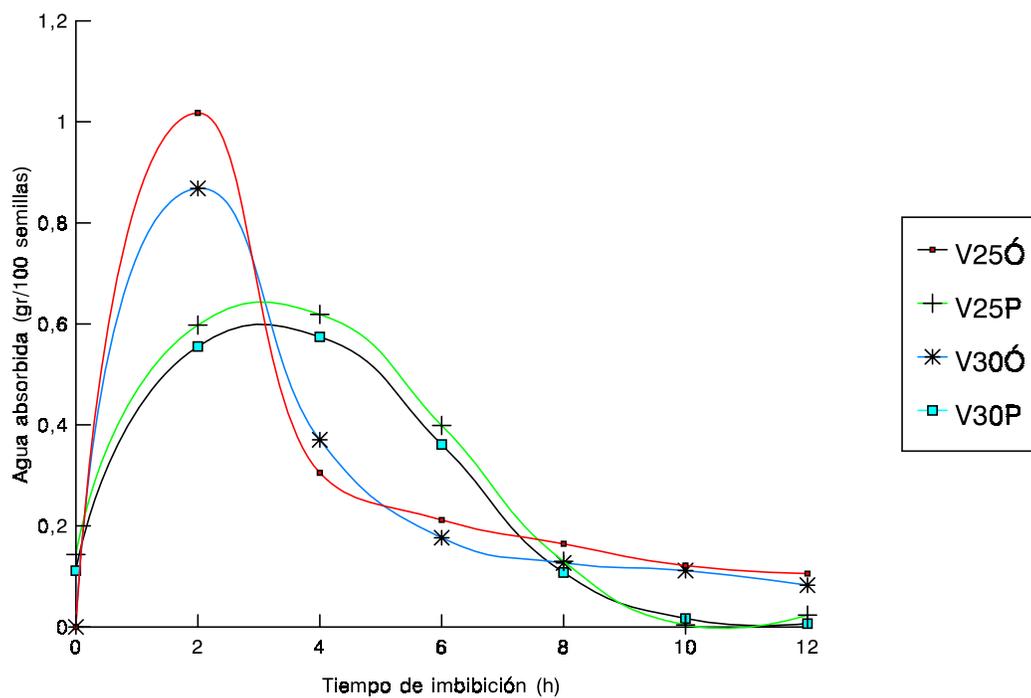


Fig. 24. Tasa de imbibición de semillas de la línea 25 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

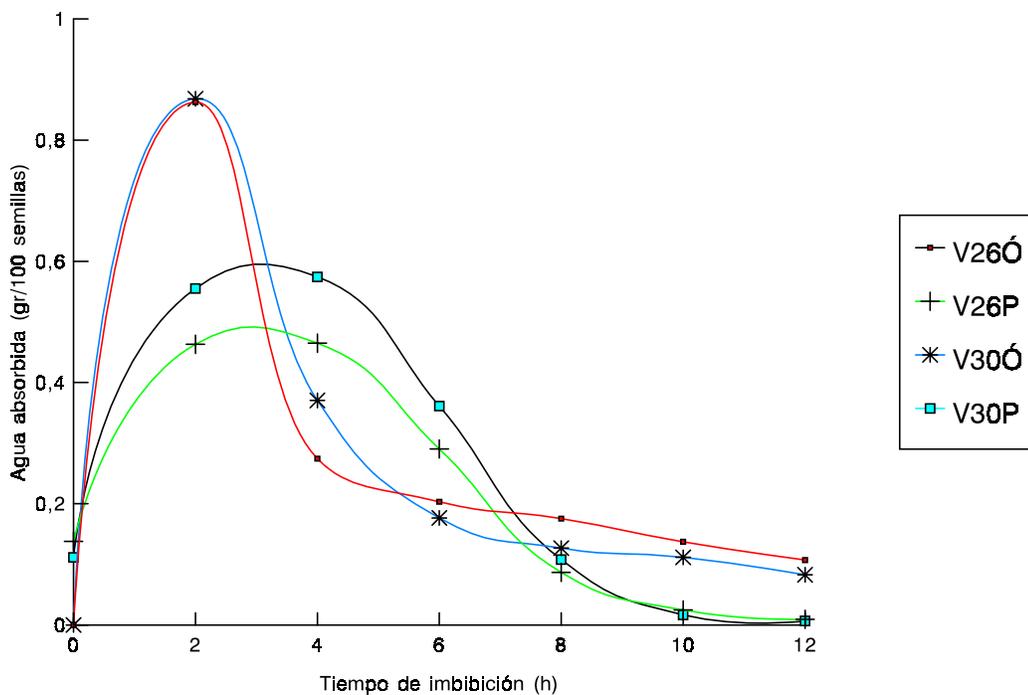


Fig. 25. Tasa de imbibición de semillas de la línea 26 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

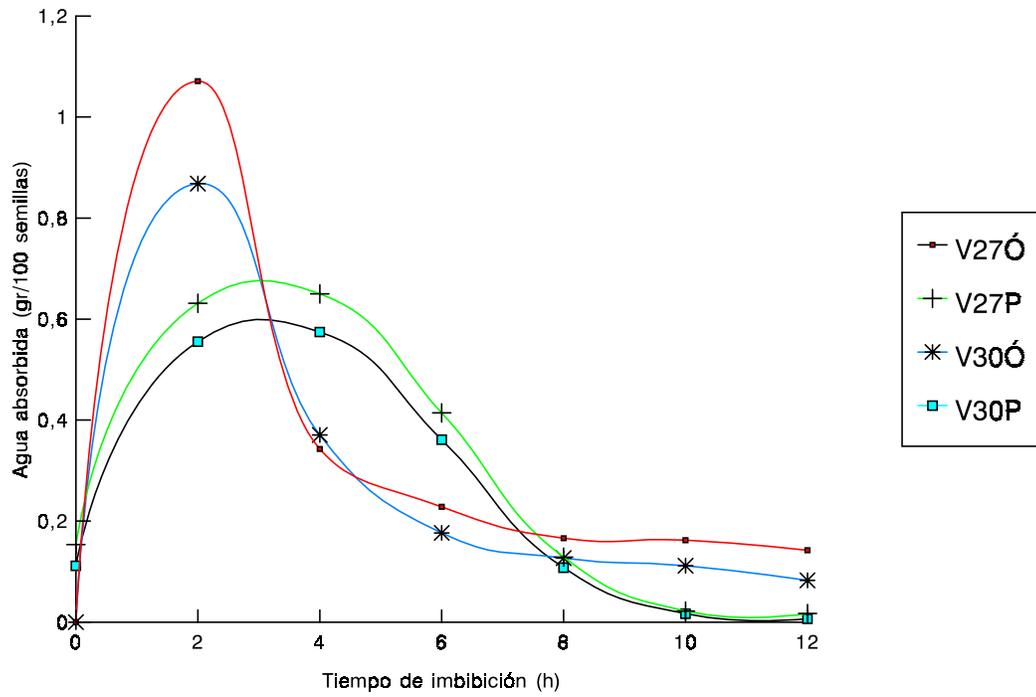


Fig. 26. Tasa de imbibición de semillas de la línea 27 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

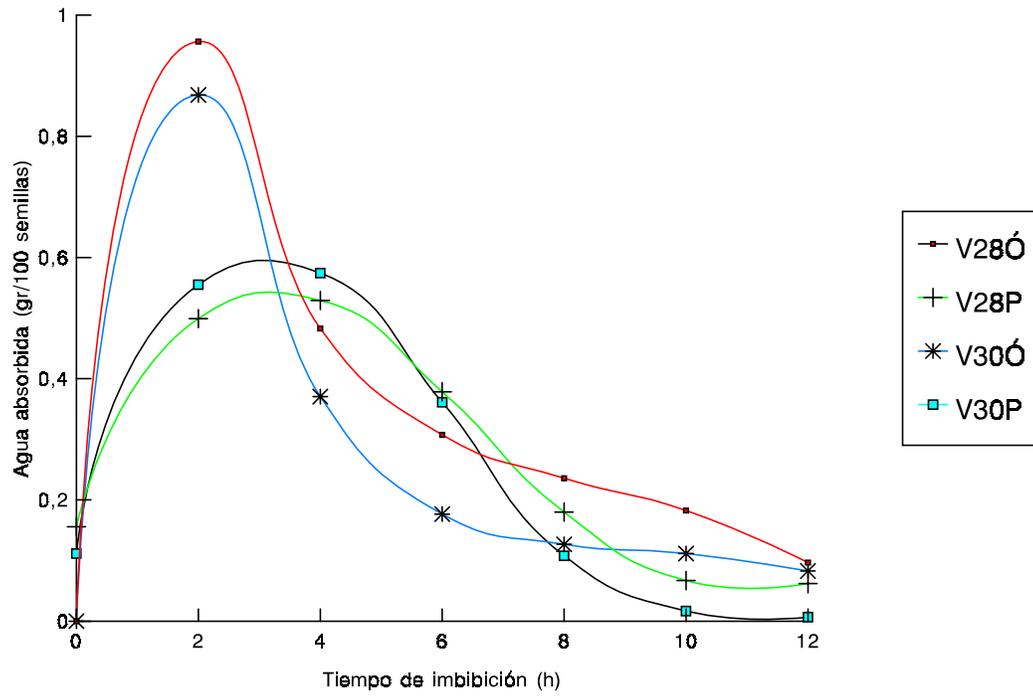


Fig. 27. Tasa de imbibición de semillas de la línea 28 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

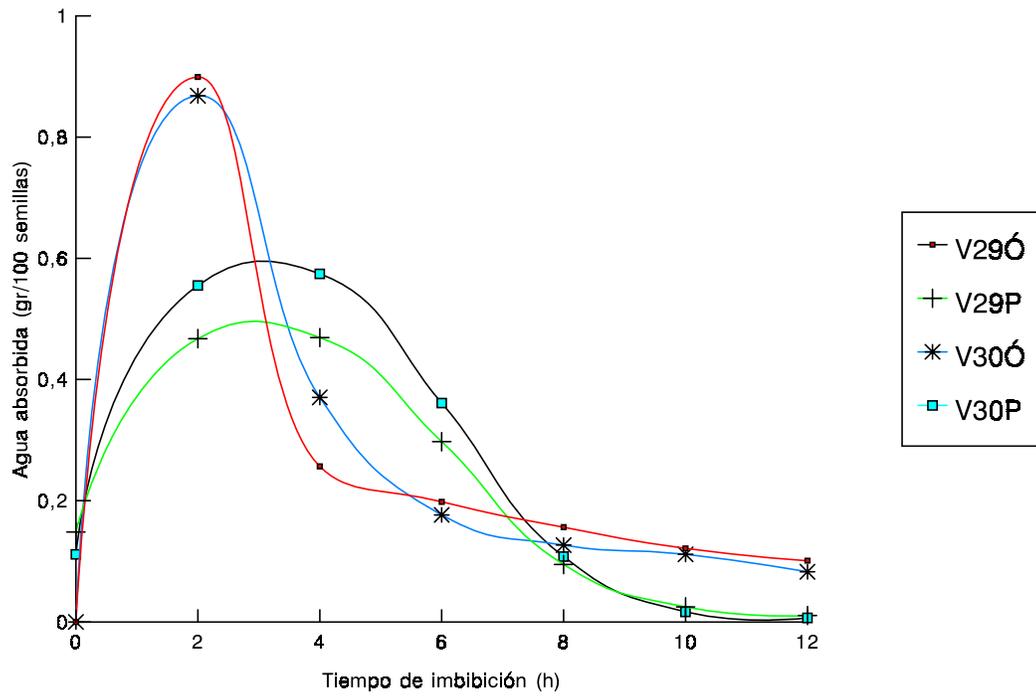


Fig. 28. Tasa de imbibición de semillas de la línea 29 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.

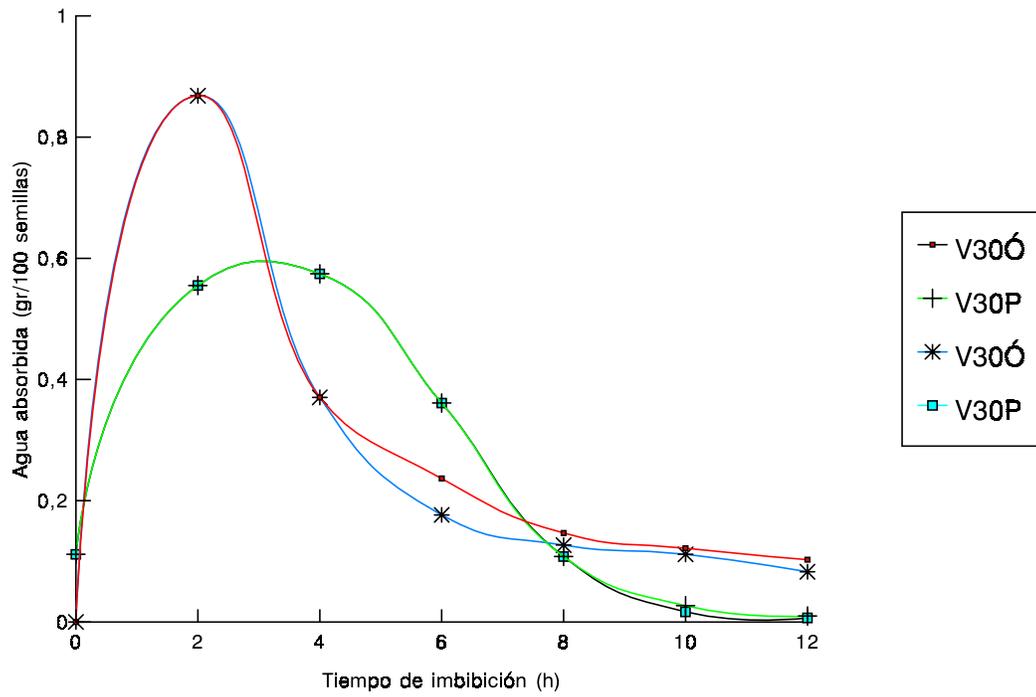


Fig. 29. Tasa de imbibición de semillas de la línea 30 de trigo macarronero, en comparación con el testigo Altar C-84.