



CALIDAD Y CANTIDAD DE SEMILLA DE FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris L ) EN FUNCION  
DE LAS COSECHAS PREMATURAS, OPORTUNAS, Y TARDIAS

o  
Guillermo Giraldo A \*\*

- \* Documento presentado al Comité de Evaluación del CIAT para efecto de Promoción a Especialista, Enero 1991
- \*\* Asistente de Investigación, Unidad de Semillas, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia

ISS. C. FRIJOL.

## INDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
REVISION DE LITERATURA	4
Aspectos Físicos	4
Aspectos Fisiológicos	4
MATERIALES Y METODOS	8
Ubicación del Ensayo	8
Materiales	8
Tratamiento	8
Diseño Experimental	8
Siembra	10
Cuidados Agronómicos	10
Arranque, Trilla, y Limpieza	11
Determinación de los Atributos Físicos	11
Humedad de la semilla	11
Rendimiento de semilla seleccionada	12
Descarte total	12
Peso de la semilla seleccionada	12
Determinación de los Atributos Fisiológicos	12
Germinación	12
Vigor	13
Determinación de los Atributos Sanitarios	13
Análisis Estadístico	14
RESULTADOS Y DISCUSION	15
Atributos Físicos	15
Humedad de la semilla	15
Rendimiento de semilla seleccionada	17
Descartes	20
Peso y tamaño de la semilla	20
Calidad Fisiológica	20
Germinación	20
Vigor	22
Epoca Oportuna de Cosecha	24
Calidad Sanitaria	30
CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFIA	37
APENDICES	39

CALIDAD Y CANTIDAD DE SEMILLA DE FRIJOL  
(Phaseolus vulgaris L ) EN FUNCION  
DE LAS COSECHAS PREMATURAS, OPORTUNAS, Y TARDIAS

Guillermo Giraldo A \*\*

- 
- \* Documento presentado al Comité de Evaluación del CIAT para efecto de Promoción a Especialista, Enero 1991
  - \*\* Asistente de Investigación, Unidad de Semillas, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia

## RESUMEN

En el CIAT (Cali, Colombia) a 1000 msnm, 24°C de temperatura, y 1000 mm anuales de precipitación, se sembraron tres líneas promisorias de frijol (PVA 476, 782, y 916) y una variedad local (Calima), el 30 de mayo de 1988, utilizando un diseño de parcelas subdivididas en donde la parcela principal fue la línea y la subparcela el día de cosecha. Se realizaron dos cosechas por semana, la primera se llevó a cabo a los 59 días después de la siembra (dds), para un total de 16 cosechas. En el momento de cosecharlas, se tomó una submuestra de las plantas y se trilló para obtener una fracción de semilla y determinar su contenido de humedad al momento de la cosecha. Las plantas restantes se colgaron y dejaron secar al ambiente hasta que las semillas alcanzaron un contenido de humedad del 15-18%, momento en el que fueron trilladas. Cada una de las muestras se pasó por una zaranda de perforaciones oblongas de 4 x 19 mm para separar las fracciones. Se hizo selección manual de la semilla que quedó sobre la malla y se cuantificó cada una de las fracciones. Para cada época de cosecha, adicionalmente se determinó el rendimiento de semilla cosechada y seleccionada, el peso de 100 semillas, la germinación, el vigor, y la sanidad.

El análisis de los resultados mostró que ninguno de los parámetros evaluados permitía por sí solo determinar el momento oportuno para cosechar. Por tanto fue necesario implementar un nuevo concepto de calidad de la semilla que incorporara rendimiento y vigor. Con base en este índice de semilla seleccionada vigorosa se determinó que para las condiciones del estudio, el día óptimo de cosecha para PVA 476, PVA 916, y Calima era 83 dds y 91 dds para PVA 782. Este momento, a su vez, coincidió con el momento en que el contenido de humedad de la semilla en el campo se equilibró con la humedad relativa del ambiente, en este caso a un nivel inferior al 20%, el cual permite la trilla sin daños a la semilla. Se concluyó que un anticipo o un retraso en la cosecha, con relación a la época oportuna, de tan sólo una semana representa disminuciones significativas en el rendimiento y la calidad de la semilla de frijol.

## INTRODUCCION

La semilla de frijol es susceptible al deterioro causado por factores ambientales durante las fases de desarrollo, maduración, y secado en campo. La magnitud del efecto del medio ambiente en esta fase de la producción de semilla depende del genotipo, de las condiciones ambientales específicas (humedad relativa, temperatura, lluvia, etc) y, del tiempo que la semilla permanezca expuesta en el campo a condiciones adversas.

Las condiciones ambientales son más severas en las zonas tropicales y subtropicales, afectando la calidad de la semilla de frijol producida en estas regiones. Este deterioro de la calidad se manifiesta en menor vigor, mayor incidencia de enfermedades, menor potencial de almacenamiento de la semilla, y, por ende, disminución de su capacidad de dar origen a plantas y cultivos de alto rendimiento. Sin embargo, un buen conocimiento del cultivo permite producir semilla de frijol de buena calidad mediante cosechas oportunas y secamiento apropiado.

Existe amplia información en la literatura acerca de cultivos de frijol de climas fríos y secos, cuyos resultados no son extrapolables a las condiciones tropicales, donde se conocen pocos estudios. Además, la literatura se refiere principalmente a frijoles blancos, caso en que los efectos del ambiente causan decoloraciones evidentes que el agricultor puede detectar a simple vista en el campo. Por tanto, se consideró que este estudio tendría implicaciones prácticas para la producción de semilla de frijol en regiones tropicales, en cuanto encuentra las herramientas que permiten evaluar el deterioro que sufre la semilla al permanecer en el campo posterior a la época oportuna para cosecharla, así como su inferior calidad y rendimiento antes de esta época.

A su vez, la determinación del momento oportuno para cosechar está directamente relacionado con la madurez fisiológica de la planta, la cual se presenta al final de la llamada Etapa R-8 (CIAT, 1982). La Etapa R-8 se inicia con el llenado de las vainas y finaliza cuando las

semillas han alcanzado su máximo tamaño y peso, y se han tornado del color típico de su variedad. Antes de terminar la Etapa R-8, cuando se observa que se ha iniciado un cambio de coloración de verde a verde-amarillento en hojas y vainas y que las semillas empiezan a pigmentarse del color típico de la variedad, el cultivo ha alcanzado su madurez fisiológica. Es el momento en que la semilla expresa su máxima calidad fisiológica (germinación y vigor). Según el material, las semillas de frijol alcanzan su peso máximo 30 a 35 días después de la floración. En este momento, la semilla tiene un alto nivel de humedad (35-39%), que implicaría serios daños físicos si se trillara en esas condiciones.

El cultivo entra entonces en la Etapa R-9. Después de la madurez fisiológica, las vainas y las semillas se deshidratan en forma rápida o lenta, dependiendo de la humedad relativa ambiental, hasta alcanzar un contenido de humedad en la semilla un poco por debajo del 20%, lo cual permite la trilla. En este momento la semilla aún mantiene un alto potencial de rendimiento y su calidad fisiológica y sanitaria son buenas. Un buen indicador en el campo de que se ha alcanzado la madurez de cosecha es la dehiscencia: si al ejercer con la mano una ligera presión a la vaina ésta se abre, es porque está lista para la trilla. A partir de este momento, el ambiente y el tiempo de exposición en el campo son factores que van a incidir negativamente en la calidad de la semilla.

Este trabajo tuvo como objetivo general determinar el efecto de la época de cosecha en el rendimiento y en la calidad de la semilla y como objetivo específico establecer una relación entre calidad de la semilla, época de cosecha, y cultivares.

Con base en el análisis de los resultados y para el caso de los cultivares estudiados en esta subregión climática, se logró establecer el período considerado oportuno para cosechar, así como los efectos negativos de cosechas prematuras y tardías.

## REVISION DE LITERATURA

Numerosos autores han estudiado la calidad de la semilla y la consideran un factor importante en el éxito o fracaso de un cultivo Andrews (1971) y otros investigadores definen la calidad como el nivel de excelencia que las semillas poseen cuando se comparan con un estandar, otros (Popinigis, 1974) la definen como la sumatoria de todos los atributos físicos, fisiológicos, sanitarios, y genéticos que afectan la capacidad de dar origen a plantas de alta productividad

### ASPECTOS FISICOS

Entre algunos componentes físicos de la calidad de la semilla se pueden mencionar el peso y el tamaño, el contenido de humedad, la frecuencia de semillas manchadas, decoloradas, arrugadas, o partidas, y la contaminación con malezas

Neuberm y Carvalho (1976), realizaron un experimento con frijol cv Carioca en Brasil y encontraron que el mayor peso seco por semilla (195 y 205 mg) se obtuvo cuando se cosechó entre los 39 y 42 días (d) después de la fecundación, respectivamente, lo cual coincidió con un alto nivel de germinación

Scarisbrick y Gómez-Barona (1976), en un estudio en Inglaterra con frijol cv Purley King, encontraron que el nivel mínimo de humedad de la semilla para trilla mecánica directa era del 20%, para no causar daños físicos a la semilla

### ASPECTOS FISIOLÓGICOS

Entre los componentes de la calidad fisiológica, se distinguen la capacidad de germinación, el vigor, y el potencial de almacenamiento de la semilla. Estos atributos pueden disminuir o perderse durante la

maduración, la cosecha, el secamiento, el acondicionamiento, o el almacenamiento

En el trópico, el efecto del medio ambiente en la calidad de la semilla durante las fases de maduración y precosecha es muy marcado. Siddique et al (1978) encontraron en el norte de Queensland, Australia, que la calidad de la semilla de frijoles blancos cvs Canyon, Gallatin, y Cascade era pobre cuando se retrasaba la cosecha hasta el momento en que todas las hojas habían caído y las vainas estaban secas. También encontraron una disminución en la calidad cuando se dejaban las plantas arrancadas y amontonadas en surcos sencillos antes del secamiento, la cual se asoció con un aceleramiento del proceso de deshidratación de la semilla debido a una alta temperatura (mayor de 27°C). Determinaron que el mejor momento para cosechar estos materiales es antes de la caída de las hojas, cuando el 20-40% de las vainas están secas y la semilla tiene un contenido de humedad del 50%. Encontraron además que al hacer una sola hilera con las plantas provenientes de 5 o 10 surcos, se obtenía un colchón que protegía las vainas y las semillas del calor predominante en la región, desacelerando así la deshidratación de la semilla. Las semillas manejadas con estas técnicas mostraron una mejor calidad.

Las cosechas prematuras pueden tener efectos negativos. En un experimento con trece cultivares de frijol en Vicosá, Brasil, Andrade y Viera (1972) concluyeron que la cosecha prematura cuando la semilla tiene una humedad del 60% disminuye el rendimiento, el peso, y la calidad de ésta, pero que no se afecta la germinación, aunque sí hay un marcado aumento de plántulas anormales.

Varios investigadores han estudiado los efectos ambientales en la calidad de la semilla, Goodwing y Siddique (1984), en un estudio en campo e invernadero en Queensland, Australia, con frijol blanco cv Apolo, encontraron que las semillas que se desarrollaban a altas temperaturas ambientales, superiores a los 28°C, tenían baja calidad, sin embargo, resaltan el hecho de que se obtiene semilla de buena calidad cuando el riego sólo humedece la raíz de las plantas.



Al examinar muestras de frijol blanco en Ontario Canadá, McDonnell y Dirks (1988) hallaron que el clima húmedo era el factor que más afectaba la calidad de la semilla. Los cultivares de maduración temprana, que normalmente producían semillas de buena calidad, produjeron semillas de mala calidad al tener que soportar lluvias excesivas durante su proceso de maduración. Concluyeron que la selección de cultivares, la época de cosecha, y el manejo poscosecha son importantes en la producción de semilla de frijol de buena calidad.

Araujo et al (1984) concluyeron que el secamiento de semillas de frijol a 50-60°C disminuye la calidad fisiológica de la semilla. Este efecto negativo fue más notorio cuando la semilla tenía un contenido inicial de humedad del 40% o más. Sin embargo, encontraron que la germinación no se afectaba cuando la semilla tenía un 40% de humedad y se secaba a 40°C. El mejor tratamiento para las semillas que contenían altas humedades fue el secamiento natural dentro de las vainas.

Siddique et al (1978) también encontraron que las semillas de frijol que eran secadas en sus vainas (proceso que tomó 6 d) presentaban un 80% de germinación, aún cuando las vainas habían sido cosechadas apenas 25 d después de fecundada la planta. Esta información coincide con la investigación de Inoue y Suzuki (1962), quienes concluyeron que semillas de frijol cv Masterpiece cosechadas 20 d después de la fecundación y secadas dentro de las vainas (lo cual tomó 20 d) mostraban una germinación mayor al 85%.

En un trabajo realizado en Vicoso, Brasil, Silva (1975) halló que el mejor período para la cosecha de semilla de frijol ocurre 34 d después de la fecundación. En esta fase, las semillas presentaron la máxima calidad fisiológica, la cual disminuyó después de 15 d, es decir a partir de los 50 d después de la fecundación.

Después de la fase de madurez fisiológica, la humedad de las semillas depende directamente del medio ambiente. Scarisbrick y Gómez-Barona (1976), en un trabajo realizado en Inglaterra con frijol cv Purley King, encontraron que el porcentaje de humedad de la semilla no

descendió del 25% durante los meses lluviosos de septiembre y octubre, con un consiguiente ataque de hongos (Botritis y Sclerotinia) que causaron ennegrecimiento de las vainas y semillas. Al respecto, McDonnell y Dirks (1988), en Ontario, Canadá, determinaron que materiales de maduración precoz, los cuales normalmente están asociados con semillas de buena calidad, produjeron semillas de mala calidad con incidencia de Alternaria y Fusarium cuando se presentaron lluvias excesivas durante la maduración de las semillas.

## MATERIALES Y METODOS

### UBICACION DEL ENSAYO

Este estudio se llevó a cabo en la estación experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizado en el Municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca (Colombia), a una altura de 1,000 msnm y con una temperatura media de 23.7°C y una humedad relativa promedio del 73%. La precipitación media anual es de 1,000 mm, con una estación lluviosa dividida en dos periodos: seco (enero - marzo y junio - agosto) y lluvioso (marzo - mayo y septiembre - noviembre) (Figura 1).

### MATERIALES

Se utilizaron cuatro materiales de frijol: tres líneas mejoradas (PVA 476, PVA 782, PVA 916) y una variedad local comercial (Calima). Estos materiales tienen un hábito de crecimiento determinado, Tipo I, con un ciclo vegetativo de aproximadamente 90 días.

### TRATAMIENTOS

Se hicieron 16 cosechas, la primera de las cuales se realizó a los 59 días después de la siembra (dds) (Etapa R-8) y la última a los 112 dds (Etapa R-9), para un total de 256 tratamientos (16 cosechas x 4 materiales x 4 repeticiones). Cada subparcela correspondió a una época de cosecha.

### DISENO EXPERIMENTAL

Los materiales y las épocas de cosecha se distribuyeron utilizando un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques al azar con cuatro

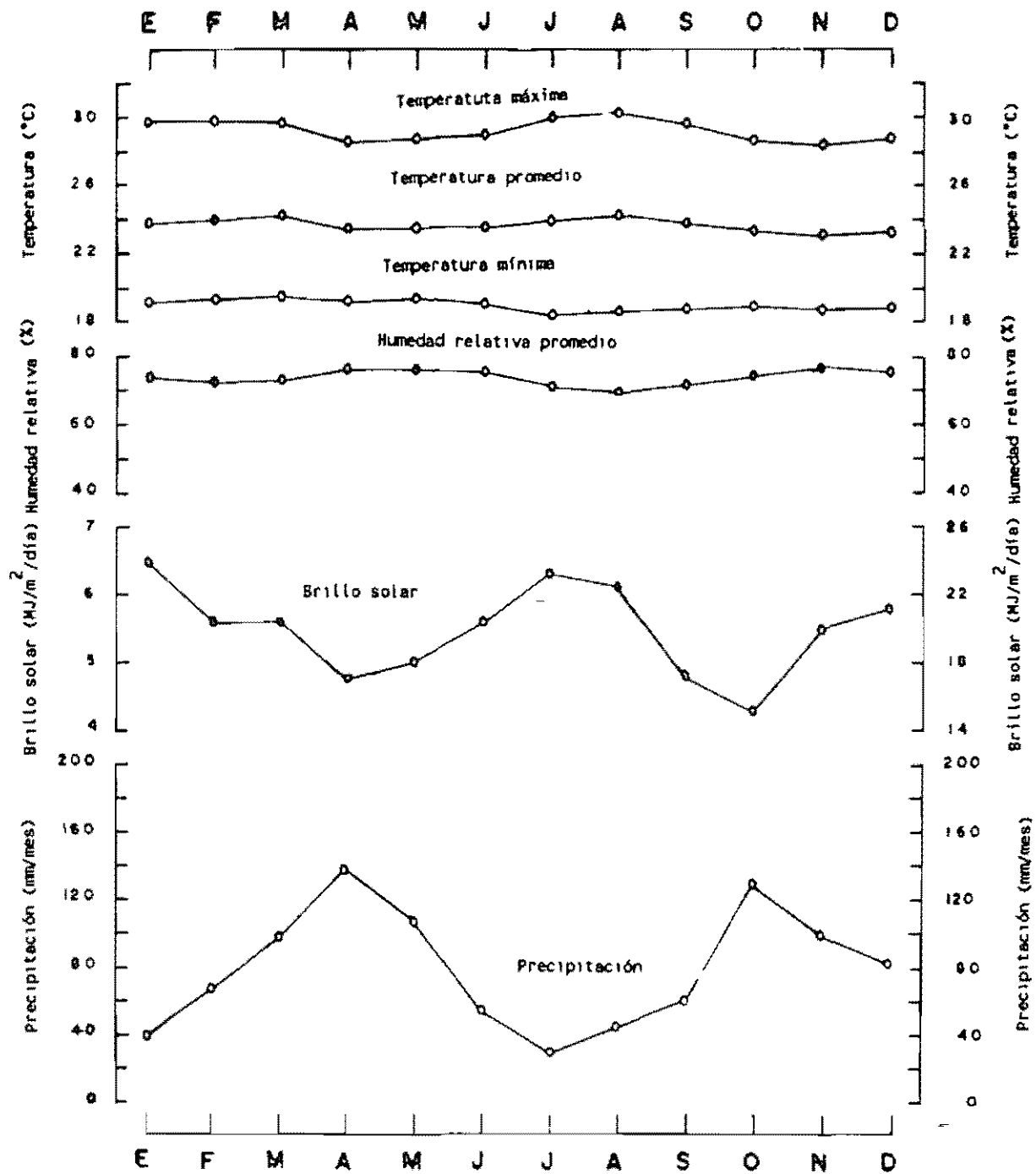


Figura 1 Promedios mensuales acumulados durante el período 1974-84 de temperatura, humedad relativa, brillo solar, y precipitación en CIAT, Cali, Colombia

repeticiones, en el cual se sembraron los cuatro materiales como las parcelas principales y las épocas de cosecha correspondieron a las subparcelas. Cada parcela principal estaba constituida por 16 subparcelas, cada una de estas últimas conformada por un surco de 6 m de largo x 0.65 m de ancho para un área de 3.9 m<sup>2</sup>.

#### SIEMBRA

El terreno se preparó primero con un pase de rastra-arado, para luego completar la rotura más profunda del suelo con un cincel parabólico. Se hicieron luego dos pases con un rastrillo pulidor, seguido de la surcadora para preparar las camas para la siembra.

La siembra se realizó el 30 de mayo de 1989. La precipitación fue alta durante la cosecha, por lo cual se hicieron las evaluaciones en condiciones como las que normalmente se encuentran en muchas regiones tropicales productoras de frijol.

La siembra se hizo manualmente en surcos a 0.65 m entre cada uno, colocando las semillas con un espaciamiento entre plantas de 8 cm. Esta densidad de siembra uniforme permitió obtener la población deseada, de aproximadamente 200,000 plantas/ha.

#### CUIDADOS AGRONOMICOS

Para el control de las malezas se utilizó una mezcla a base de linurón (2.0 lt pc\*/ha) más alaclor (1.0 lt pc/ha) aplicada en preemergencia. El control se complementó con dos desyerbas manuales posteriores, utilizando azadón. Se realizaron también aspersiones foliares cada 10 d con insecticidas y fungicidas de acuerdo con el problema que se deseaba controlar o prevenir.

---

\* pc = producto comercial

## ARRANQUE, TRILLA, Y LIMPIEZA

La primera cosecha se efectuó en una etapa muy prematura (59 dds), en la cual las vainas todavía estaban verdes y las semillas se encontraban en el proceso de llenado (inicio de la Etapa R 8). Las cosechas subsiguientes consistieron en dos cosechas por semana, los días lunes y jueves. Esto permitió tener semillas cosechadas antes de su madurez fisiológica, semillas fisiológicamente maduras, y semillas que habían permanecido en el campo mucho tiempo después de su madurez fisiológica.

En cada cosecha programada se arrancaron manualmente las plantas de los cuatro surcos correspondientes a cada material evaluado, en cada una de las cuatro repeticiones. Se tomó una submuestra de las plantas y se desgranaron sus vainas, para determinar en el laboratorio el contenido de humedad de la semilla al momento de la cosecha en cada tratamiento.

Las plantas restantes de cada cosecha se secaron en ambiente natural, colgándolas enteras bajo techo en un lugar aireado de tal manera que las semillas fueran reduciendo su contenido de humedad hasta alcanzar un rango entre el 15 y el 18%, las semillas cosechadas a los 112 dds, correspondientes al último tratamiento, se encontraban ya en el campo con un contenido de humedad dentro de este rango. Entonces se procedió a trillar las muestras de todos los tratamientos. La trilla se hizo en una misma fecha, colocando las plantas dentro de un empaque de fique y golpeándolas con un garrote con el cuidado de evitar el daño físico. La limpieza de la semilla trillada se efectuó con una venteadora eléctrica de laboratorio con flujo graduable de aire y se complementó con una limpieza a mano.

## DETERMINACION DE LOS ATRIBUTOS FISICOS

### Humedad de la semilla

- 1 El contenido de humedad (%) de las submuestras de semilla, tomadas en el momento de cosechar cada uno de los tratamientos, se determinó mediante el método de la estufa (Apéndice I)

- 2 Las muestras de las semillas que habían sido colgadas y trilladas se llevaron a un cuarto climatizado (17°C y 60% HR) Cada 3 d se midió el contenido de humedad de la semilla utilizando un determinador de humedad (Motomco) Dos semanas después de guardadas en el cuarto, todas las muestras habían estandarizado su contenido de humedad en 12.6% Se procedió entonces a realizar las determinaciones adicionales

#### Rendimiento de Semilla Seleccionada

La semilla trillada proveniente de cada subparcela, cuya humedad ya estaba en 12.6%, se clasificó utilizando una zaranda de perforaciones oblongas de 4 x 19 mm la cual permitió retener la semilla de mayor tamaño A esta fracción se le sometió adicionalmente a selección manual Sólo las semillas de buen tamaño, que no mostraban daños visibles, constituyeron la semilla total seleccionada para cada tratamiento, expresada en g/3.9 m<sup>2</sup> Se utilizó la misma presión de selección para todas las muestras

#### Descarte Total

Las semillas muy pequeñas, inmaduras, y arrugadas, que cayeron a través de las perforaciones de la zaranda constituyeron el primer descarte (g) Todas aquellas semillas visiblemente manchadas, decoloradas, pregerminadas, y podridas, retiradas en la selección manual, constituyeron el segundo descarte La suma de ambos descartes constituyó el descarte total de cada tratamiento

#### Peso de la Semilla Seleccionada

En cada uno de los tratamientos se determinó el peso (g) de 100 semillas de la fracción seleccionada

### DETERMINACION DE LOS ATRIBUTOS FISIOLOGICOS

#### Germinación

La germinación (%) se define como la "emergencia y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la

capacidad para desarrollarse en una planta normal bajo condiciones favorables de siembra" (ISTA, 1976)

Para evaluar la germinación de cada tratamiento se sembraron cuatro repeticiones de 50 semillas cada una en arena húmeda, sobre bandejas plásticas. La humedad de la arena se mantuvo con riegos periódicos, las bandejas tenían perforaciones en el fondo para el drenaje del exceso de humedad. Las semillas se sembraron a una profundidad de 3.0 cm. Las bandejas debidamente identificadas se colocaron al ambiente, bajo techo, sobre parrillas de madera. La temperatura del aire y del sustrato fueron en promedio 27°C y 25°C, respectivamente. A los 9 d se hizo la evaluación de germinación, siguiendo las reglas de análisis de la ISTA (1976), y clasificando las plantas como normales, anormales, y muertas.

#### Vigor

El vigor (%), por su parte, permite evaluar el comportamiento potencial de las semillas aún en condiciones de estrés, tales como las que se encuentran en las situaciones reales en el campo durante la emergencia. La prueba de vigor se montó con semilla previamente sometida a 72 h de estrés (AOSA, 1983), se utilizaron 4 repeticiones de 50 semillas para cada uno de los 256 tratamientos, siguiendo el mismo procedimiento del ensayo de germinación.

#### DETERMINACION DE LOS ATRIBUTOS SANITARIOS

De la semilla seleccionada se tomó una muestra de 150 semillas correspondiente a cada una de las épocas de cosecha para evaluar la calidad sanitaria e identificar a nivel de laboratorio la presencia de hongos, bacterias, y virus, mediante las pruebas de agar, serológica y ELISA, respectivamente.



## ANALISIS ESTADISTICO

El análisis estadístico realizado consistió en obtener un modelo matemático que simulara los datos experimentales observados, con el fin de generar curvas de cambios en función de los días después de la siembra. Se utilizó un modelo exponencial cuadrático para calcular las variables semilla cosechada, descarte manual, descarte por zaranda, descarte total, semilla seleccionada, peso de 100 semillas, y vigor. Este modelo se expresó con la siguiente fórmula:

$$Y = e^a + bt + ct^2$$

En donde

Y	=	variable de respuesta observada
e	=	exponencial
a, b, c	=	coeficientes del modelo
t	=	tiempo después de la siembra en días

Para la variable germinación, se utilizó una ecuación lineal

$$G = d + ft$$

En donde

G	=	germinación
d, f	=	coeficientes del modelo
t	=	tiempo después de la siembra en días

Adicionalmente, se ajustaron los datos de rendimiento de semilla a un número fijo de 50 plantas/surco (3.9 m<sup>2</sup>) para eliminar la variación en el número de plantas cosechadas en cada subparcela.

## RESULTADOS Y DISCUSION

## ATRIBUTOS FISICOS

Humedad de la Semilla

La Figura 2 muestra las curvas de humedad de la semilla durante su maduración en el campo. Los materiales PVA 782, PVA 916, y Calima redujeron su nivel de humedad por debajo del punto de trilla a los 83 dds, mientras que PVA-476 alcanzó este nivel una semana antes.

Las curvas de humedad sugieren que una vez que se ha equilibrado el contenido de humedad de la semilla, ésta se mantiene a un nivel determinado según la temperatura y la humedad relativa del ambiente sin disminuir significativamente por debajo de este nivel (Apéndice II), aún cuando las semillas se dejen en el campo durante más tiempo.

Se observa también en la Figura 2 que la humedad de la semilla subió bruscamente por encima del nivel de equilibrio cada vez que se presentaron lluvias. Por ejemplo, a los 91 d la semilla se encontraba ya en 16.5, 16.8, 16.2, y 16.0% para los materiales PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente, y subió a 26.2, 27.7, 26.7, y 28.6% a los 3 d, después de una alta precipitación. El mismo fenómeno se repitió cuando la semilla con un  $\pm 19\%$  de humedad a los 101 d, subió a  $\pm 26\%$ , 4 d después. Estos aumentos en el contenido de humedad no provinieron de la absorción de agua de la planta, sino del contacto directo de las vainas con el agua lluvia.

Las muestras se tomaron cada 3-4 d, la toma de muestras diarias hubiera permitido detectar fluctuaciones más frecuentes y abruptas, sin embargo, los datos recolectados bastan para indicar que, en condiciones de humedades relativas altas o durante períodos de pluviosidad, es un error no cosechar y dejar las plantas de frijol en el campo en espera de una mayor deshidratación de la semilla.

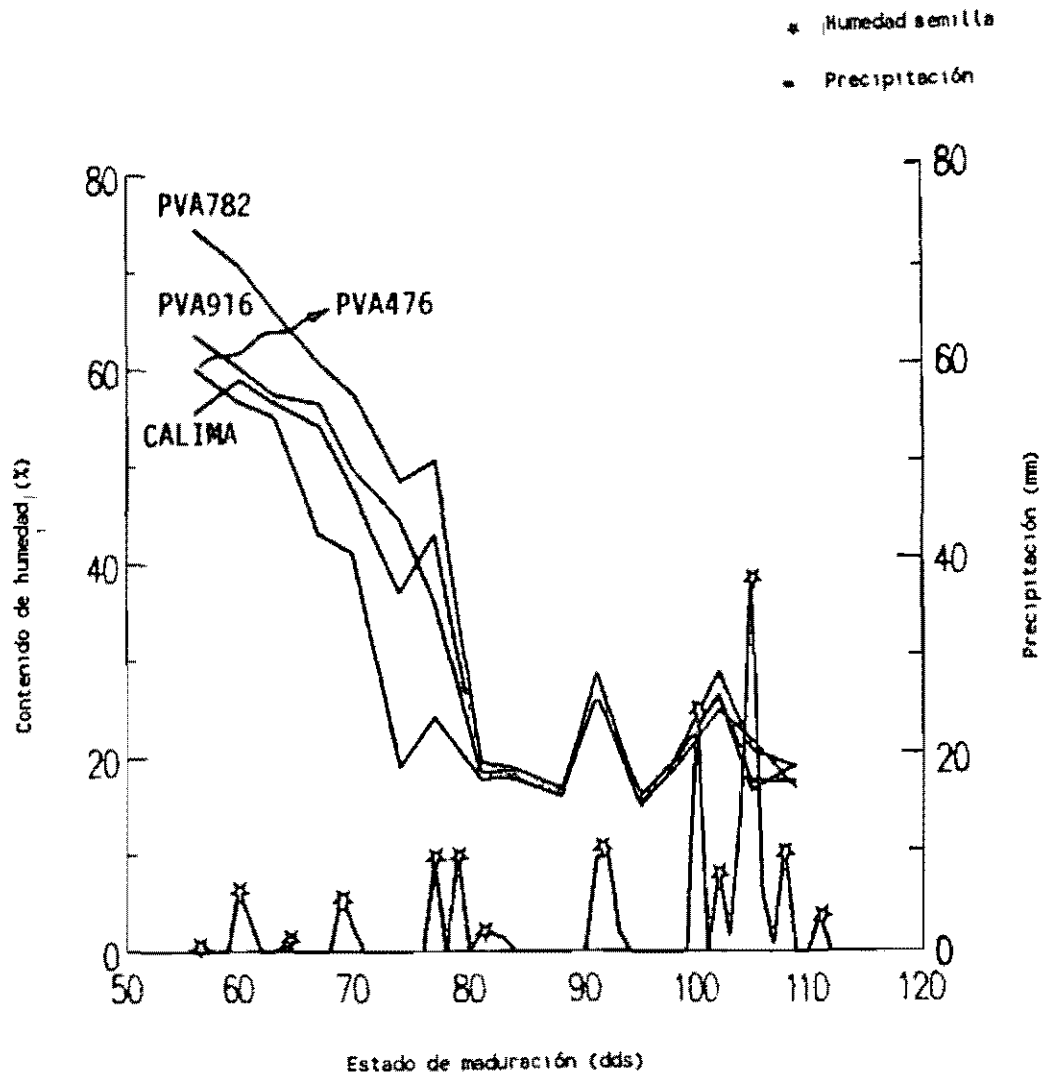


Figura 2 Evolución en el campo del contenido de humedad de la semilla de cuatro materiales de frijol, a medida que madura el cultivo y efecto del nivel de precipitación sobre este proceso

### Rendimiento de Semilla Seleccionada

En el Apéndice III se dan los valores de a, b, y c para la variable rendimiento según se calcularon con el modelo exponencial cuadrático

En la Tabla 1 se aprecia que el rendimiento total promedio de semilla cosechada para todos los materiales fue bajo cuando las cosechas se realizaron prematura o tardíamente con relación al rendimiento promedio durante la época oportuna de cosecha

Tabla 1 Promedios de rendimiento de semilla cosechada (Sem Cos) y seleccionada (Sem Sel) de cuatro materiales de frijol según fueron cosechados en épocas prematuras, oportunas, o tardías

Epoca de Cosecha	PVA 476		PVA 782		PVA 916		Calima	
	Sem Cos (g)	Sem Sel (g)	Sem Cos (g)	Sem Sel (g)	Sem Cos (g)	Sem Sel (g)	Sem Cos (g)	Sem Sel (g)
Prematura	440 4	379 2	225 4	200 9	380 1	347 0	402 8	374 8
Oportuna	503 0	468 1	418 0	373 3	514 3	473 3	507 1	480 9
Tardía	419 9	382 1	352 3	303 9	482 6	444 8	461 1	434 7

La disminución en el rendimiento de semilla seleccionada (Figura 3) fue ocasionada por la pérdida de peso de la semilla debida al efecto negativo de la demora en la cosecha, puesto que en la selección manual y por zaranda se descartó de la muestra un mayor número de semillas deterioradas. Además, no sólo fue menor el número de semillas seleccionadas, sino que el peso unitario de aquellas seleccionadas también fue inferior.

La Figura 4 compara los rendimientos de semilla seleccionada de los materiales estudiados. Los valores máximos de rendimiento de semilla seleccionada fueron 473 9, 380 4, 497 2, y 491 0 g/3 9 m<sup>2</sup> para los materiales PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente, los cuales fueron alcanzados a los 83, 91, 91, y 87 dds, en este mismo orden (Apéndices IV-VII). En general, los rendimientos de semilla seleccionada bajaron en forma consistente en todos los materiales después de la época oportuna de cosecha.

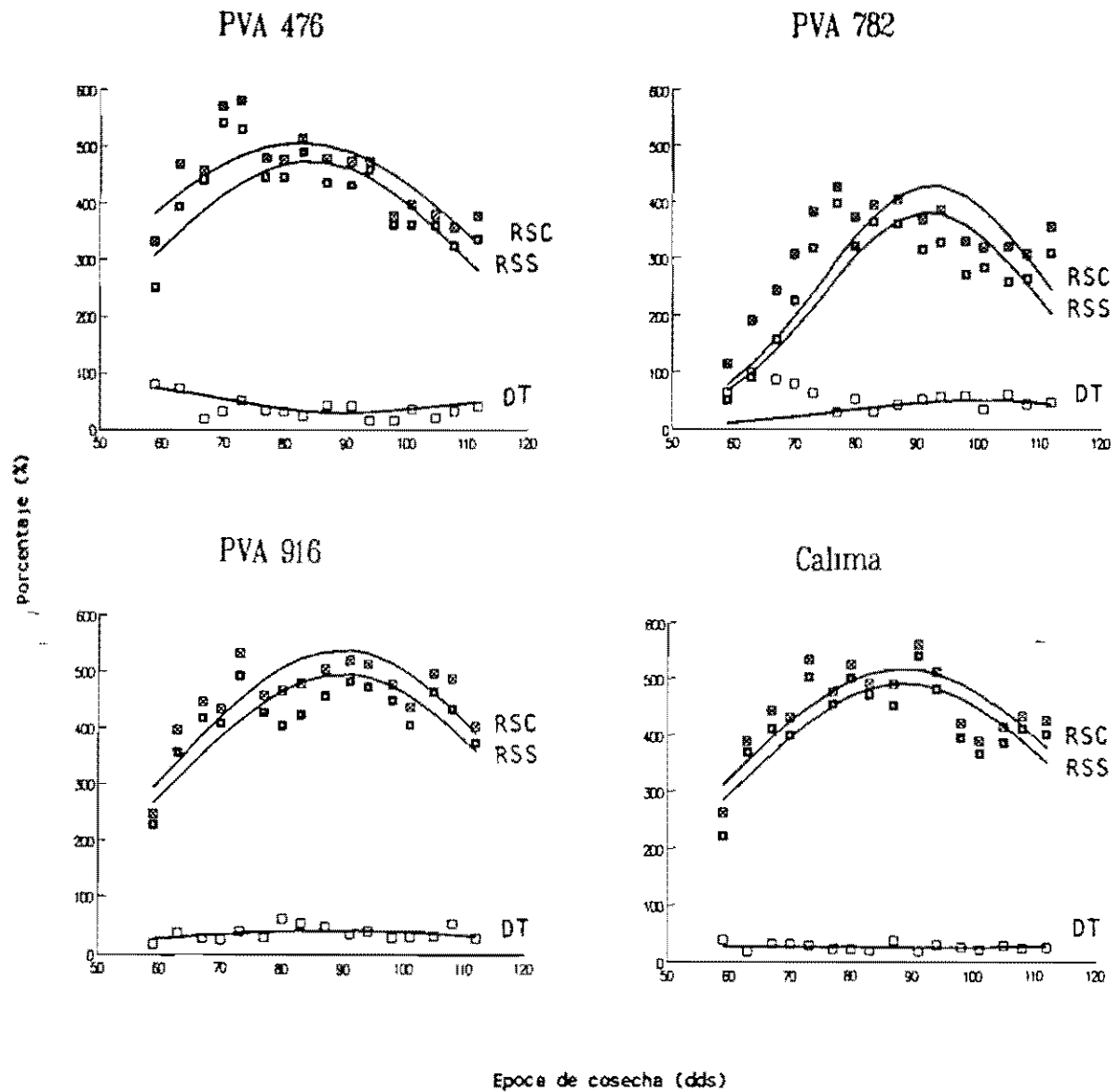


Figura 3 Efecto de la época de cosecha sobre el rendimiento de semilla cosechada (RSC), el rendimiento de semilla seleccionada (RSS), y el descarte total (DT) de cuatro materiales de frijol (Datos experimentales y calculados Semilla cosechada,  $R^2 = 0.68$  y semilla seleccionada,  $R^2 = 0.69$  para todos los materiales )

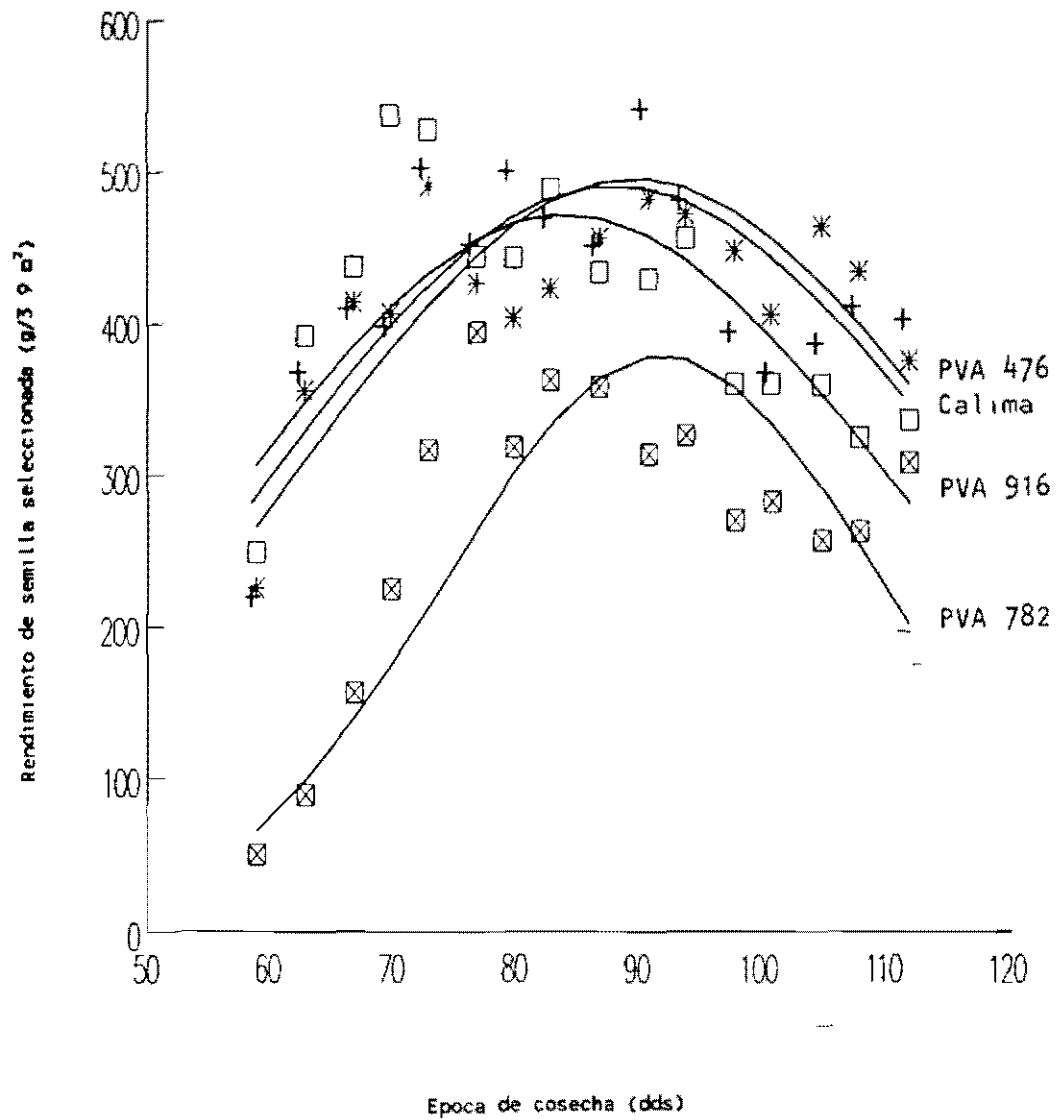


Figura 4 Comparación del rendimiento de semilla seleccionada de cuatro materiales de frijol, según la época de cosecha (Datos experimentales y calculados  $R^2 = 0.69$  para todos los materiales )

### Descartes

En el Apéndice III se dan los valores de a, b, y c para la variable descartes, según se calcularon con el modelo exponencial cuadrático

En general, el descarte total promedio no fue un factor importante del rendimiento (6.9, 10.7, 8.0, y 5.2% para PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente) durante la época oportuna de cosecha (Apéndice VIII). El mayor porcentaje de descarte del PVA 782 se debió a una mayor pérdida durante el zarandeo pues sus semillas son más pequeñas. Por ende, el rendimiento de semilla seleccionada dependió del rendimiento total de semilla cosechada y éste último sí fue considerablemente afectado por la época de cosecha (ver Figura 3)

### Peso y Tamaño de la Semilla

En el Apéndice III se dan los valores de a, b, y c para las variables peso y tamaño de la semilla, según se calcularon con el modelo exponencial cuadrático

Los datos de la Figura 5 muestran que los materiales PVA 476, PVA 916, y Calima alcanzaron su máximo peso de semilla (51.0, 44.8, y 47.6 g/100 semillas, respectivamente) a los 91 dds, un poco después de la época oportuna para cosechar. PVA 782, material un tanto tardío y de semilla pequeña alcanzó el peso máximo (35.9 g/100 semillas) a los 98 dds, una semana después del día óptimo para cosechar (Apéndices IV-VII)

Si se compara el peso de la semilla con sus contenidos de humedad durante los diferentes períodos de cosecha (Apéndices IV-VII), se aprecia que estas ganancias/pérdidas en peso se explican por un aumento/disminución en materia seca y no en agua

## CALIDAD FISIOLÓGICA

### Germinación

En el Apéndice IX se dan los valores de d y f para la variable germinación, según se calcularon con la ecuación lineal

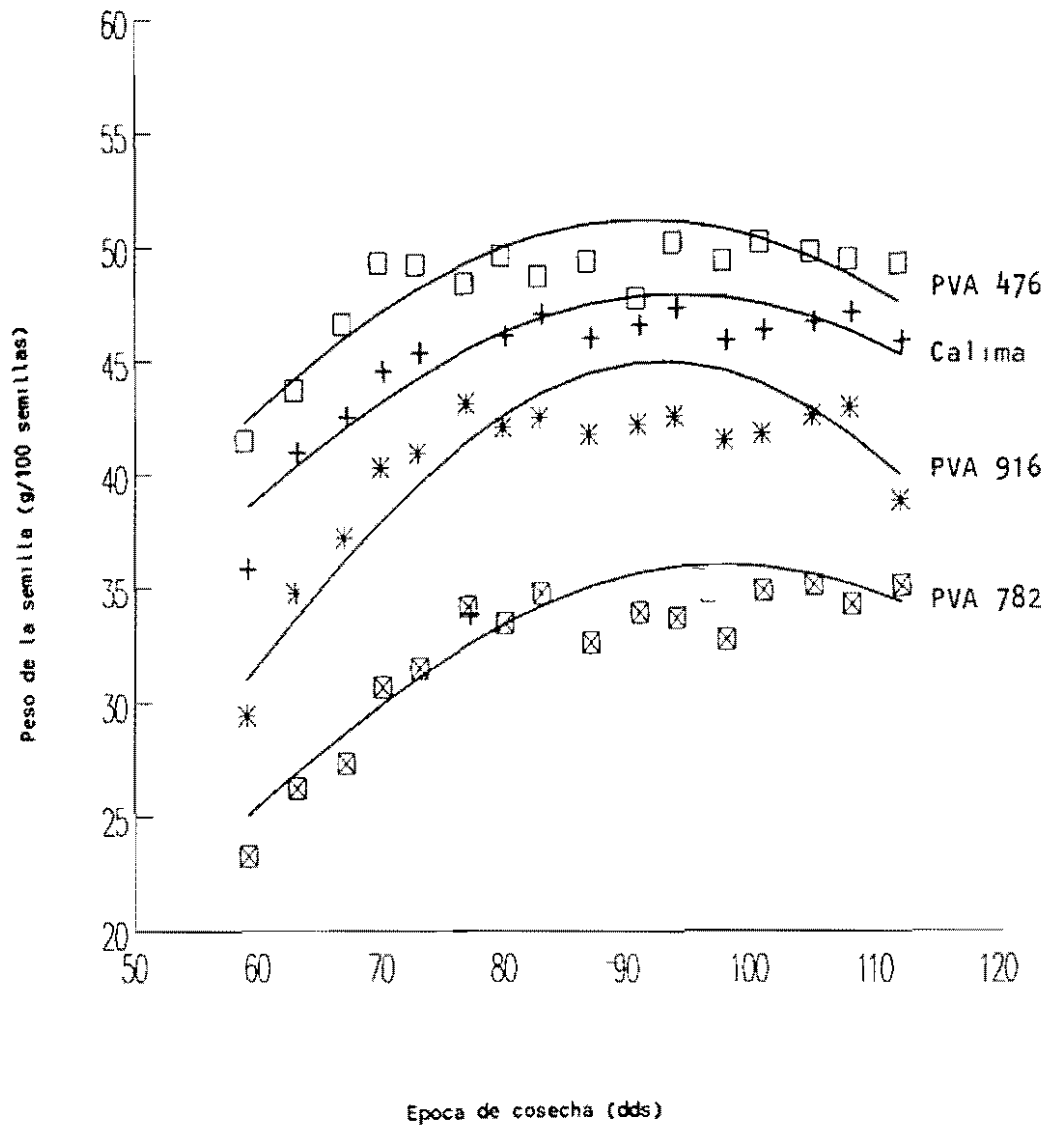


Figura 5 Efecto de la época de cosecha sobre el peso de la semilla de cuatro materiales de frijol (Datos calculados y experimentales  $R^2 = 0.61, 0.82, 0.81,$  y  $0.65$  para PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente )



Los niveles de germinación (Tabla 2 y Figura 6) fueron altos para todos los materiales en todas las épocas de cosecha. A excepción del PVA 916, estos niveles se mantuvieron por encima del 93% aún en cosechas muy tardías. El porcentaje de germinación de PVA 916 bajó al 89% a los 105 dds por ser este un material precoz, cuyos valores altos de germinación posiblemente se presentaron antes de los 56 dds cuando se comenzó a evaluar la semilla en este estudio (Apéndices IV-VII)

Tabla 2 Promedios de germinación y vigor de cuatro materiales de frijol según fueron cosechados en épocas prematuras, oportunas, o tardías

Epoca de Cosecha	PVA 476		PVA 782		PVA 916		Calima	
	Germinación (%)	Vigor (%)	Germinación (%)	Vigor (%)	Germinación (%)	Vigor (%)	Germinación (%)	Vigor (%)
Prematura	98.8	99.5	98.3	85.2	93.1	91.0	97.6	95.3
Oportuna	98.1	99.9	96.1	90.4	91.6	82.0	97.7	94.3
Tardía	97.2	82.7	94.4	72.8	89.7	65.2	97.8	78.5

A simple vista, los resultados de la Tabla 2 parecerían indicar que no hay un deterioro de la calidad fisiológica de la semilla como consecuencia de épocas inoportunas de cosecha, sin embargo, los datos de vigor muestran lo contrario.

### Vigor

Las curvas de vigor (Figura 6) permiten diferenciar las semillas con distintos niveles relativos de vigor. La línea PVA 782 presenta la curva típica del vigor de la semilla, en este caso las semillas cosechadas en estados inmaduros mostraron un bajo vigor (70%, a los 59 dds), alcanzaron luego el máximo potencial (93%, a los 80 dds)--coincidiendo con el final de la madurez fisiológica--, y continuaron con una disminución gradual del índice de vigor como consecuencia de los efectos ambientales en el campo por la demora en la cosecha, hasta llegar a un 58%, a los 112 dds. En cambio, los materiales PVA 476, PVA 916, y Calima ya habían alcanzado valores relativamente altos de vigor (92-96%) (Apéndices IV-VII) aún en la cosecha a los 59 dds (cuando una gran mayoría de vainas todavía estaban verdes y las semillas muy pequeñas)

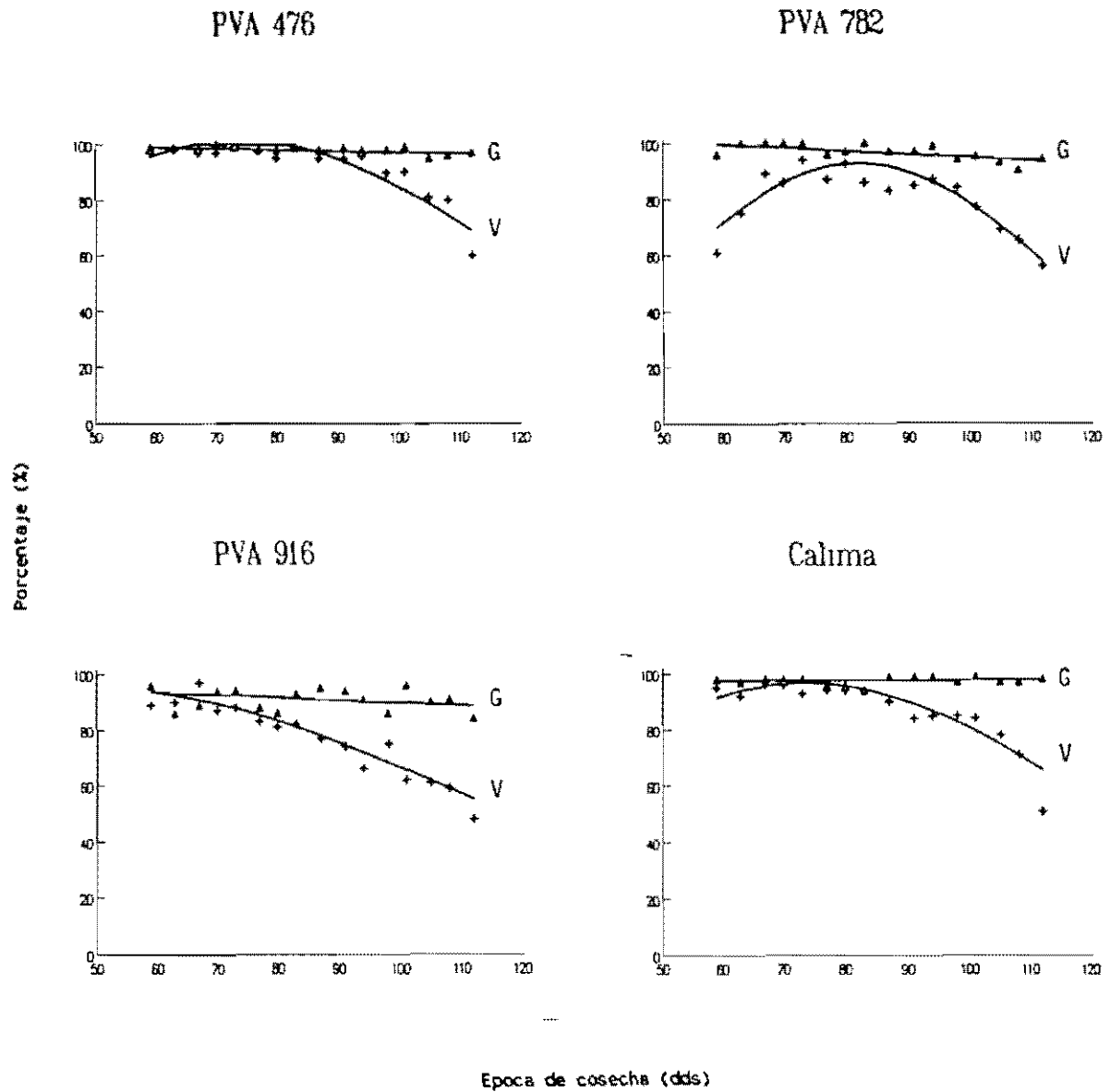


Figura 6 Efecto de la época de cosecha sobre la germinación (G) y el vigor (V) de la semilla de cuatro materiales de frijol (Datos experimentales y calculados Germinación,  $R^2 = 0.70$ ,  $0.76$ ,  $0.85$ , y  $0.74$  para PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente, vigor,  $R^2 = 0.70$ ,  $0.71$ ,  $0.82$ , y  $0.70$ , en el mismo orden )

Este alto vigor se atribuye en parte al buen manejo durante el arrancado de las plantas y el secamiento. Pero cabe resaltar que después de haber alcanzado el mayor índice de vigor todos los materiales perdieron este atributo indefectible e irreversiblemente en la medida en que la semilla se demoró más tiempo en el campo (ver Tabla 2)

#### EPOCA OPORTUNA DE COSECHA

El análisis de los resultados (Figura 7) permitió observar que a pesar de que el valor máximo de vigor se obtuvo en una etapa temprana de desarrollo de la planta (67, 80, 59, y 70 dds para los materiales PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente), el cultivo aún no había alcanzado el mayor rendimiento de semilla seleccionada, el cual se presentó posteriormente, a los 83, 91, 91, y 87 dds para estos mismos materiales, respectivamente. Por tanto, si se consideraba aisladamente cualquiera de los parámetros de rendimiento (semilla seleccionada) o de calidad fisiológica (vigor) de la semilla, no se podía determinar la época oportuna de cosecha puesto que en algunos casos (particularmente en el de PVA 916), el valor máximo de vigor se encontraba distanciado muchos días del valor máximo de rendimiento de semilla seleccionada.

Esta no concordancia llevó a la necesidad de generar un parámetro que indicara aquel momento en el desarrollo del cultivo en el cual se obtuviera no sólo la mayor cantidad de semillas seleccionadas sino también que un máximo de éstas fueran vigorosas. A este parámetro se le llamó índice de semilla seleccionada vigorosa (SSVig) y fue calculado utilizando los datos obtenidos mediante el modelo cuadrático, así. Se tomó el valor máximo de rendimiento de semilla seleccionada y se equiparó a 100%, al expresarlo en porcentaje, se pudo observar más claramente la reducción en el rendimiento de semilla seleccionada cuando se cosechó bien fuera prematura o tardíamente. Se tomó también el valor máximo de vigor y se equiparó a 100%. Finalmente, para determinar la época oportuna de cosecha, se multiplicaron estos dos porcentajes (semilla seleccionada x vigor), con lo cual se obtuvo el índice de SSVig (también en porcentaje).

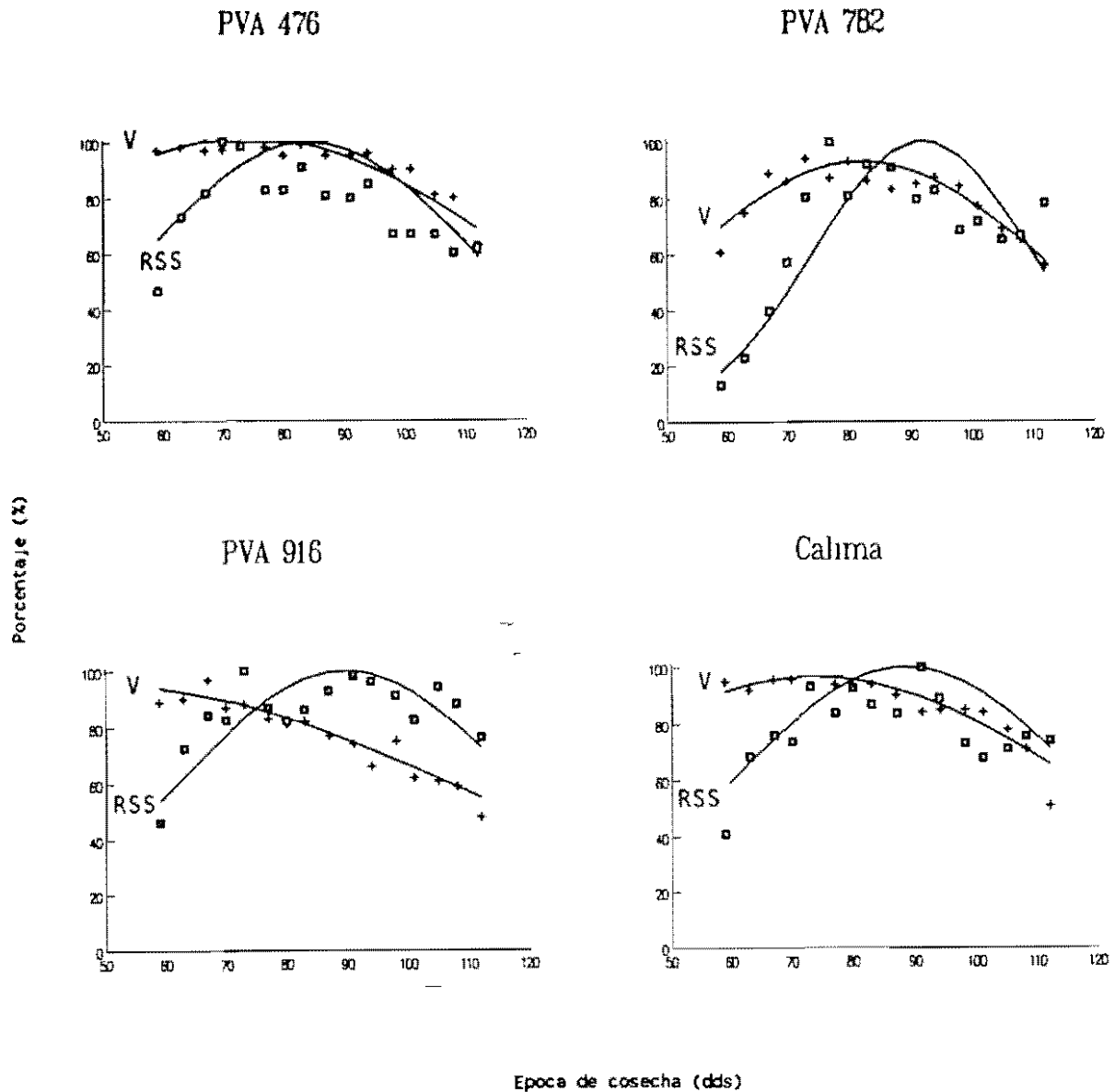


Figura 7 Comparación entre las curvas de rendimiento de semilla seleccionada (RSS) y de vigor (V) de la semilla de cuatro materiales de frijol (Datos experimentales y calculados Semilla seleccionada,  $R^2 = 0.69$  para todos los materiales, vigor,  $R^2 = 0.70, 0.70, 0.81,$  y  $0.70$  para PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente )

El índice de SSVig permitió determinar la época oportuna para cosechar, cuando el agricultor va a obtener la mayor cantidad de semilla seleccionada y vigorosa. A su vez, este índice de semilla seleccionada vigorosa se equiparó a 100% y se definió en este estudio como época oportuna de cosecha aquel rango de días antes y después del día "ideal" en el que las pérdidas en calidad y cantidad no fueran mayores al 3% (Tabla 3). Sin embargo, la importancia de estos resultados no está en la delimitación del rango considerado como oportuno, sino en el hecho de que demuestran las pérdidas tan significativas que puede tener un agricultor al desconocer el momento adecuado para realizar su cosecha. Es este conocimiento y la manera práctica de determinar el momento oportuno el que le permitirán al agricultor escoger qué margen de pérdidas puede él tolerar, según sus limitaciones económicas y de mercado y sus condiciones climáticas específicas.

En la Figura 8 aparece la curva del índice de SSVig de cada uno de los materiales evaluados, donde se aprecia claramente cómo las cosechas inoportunas resultaron en una reducción severa tanto en la calidad fisiológica como en la cantidad de la semilla seleccionada producida. En el análisis de las pérdidas resultantes de estas cosechas inoportunas, se hace evidente adicionalmente que la semilla de la línea PVA 782 tiene un rango de tiempo menos amplio, fuera del cual comienza a deteriorarse más rápidamente que los otros materiales. A pesar de que los cuatro genotipos evaluados pertenecen al Hábito I de crecimiento, esta línea se conoce por ser propicia a condiciones de sequía, por tanto, es posible que los altos niveles de humedad relativa y precipitación que prevalecieron mientras se realizó este estudio incidieron negativamente en la capacidad del PVA 782 de tolerar las adversidades en el campo. En cambio PVA 476, PVA 916, y Calima, cuyos comportamientos fueron muy similares, lograron mantener ese rango de pérdidas no mayores al 3% durante casi una semana antes y después del día óptimo para cosechar.

En la Figura 9 se comparan entre materiales las curvas del índice de SSVig. El PVA 782 se distingue como una línea tardía, con 91 dds como el momento óptimo para cosechar, en comparación con 83 dds para el resto

Tabla 3 Indices de productividad de semilla seleccionada vigorosa de cuatro materiales de frijol segun se vieron afectados por la época de cosecha  
(Se señala en un recuadro la época oportuna de cosecha, definida como el período en que la pérdida de semilla seleccionada vigorosa no sea mayor del 3% del óptimo posible )

PVA 476						PVA 782						PVA 916						CALTRA					
DDS	Hcos (%)	SS100 (%)	Vig100 (%)	I*I (%)	SSVig (%)	DDS	Hcos (%)	SS100 (%)	Vig100 (%)	I*I (%)	SSVig (%)	DDS	Hcos (%)	SS100 (%)	Vig100 (%)	I*I (%)	SSVig (%)	DDS	Hcos (%)	SS100 (%)	Vig100 (%)	I*I (%)	SSVig (%)
59	60.0	65.1	94.0	61.2	62.5	59	74.3	17.9	75.5	13.5	14.0	59	63.4	54.0	100.0	54.0	64.4	59	55.4	58.0	94.7	54.9	57.2
63	56.6	73.8	96.7	71.4	72.9	63	70.6	26.4	82.6	21.8	22.7	63	60.1	62.7	98.6	61.9	73.8	63	58.8	66.5	97.2	64.6	67.4
67	55.0	81.9	98.7	80.8	82.5	67	66.1	37.2	88.8	33.1	34.4	67	57.3	71.4	96.9	69.2	82.5	67	56.5	74.8	98.9	74.0	77.2
70	43.1	87.3	98.3	85.8	87.6	70	60.5	46.5	92.8	43.2	44.9	70	56.4	77.6	95.3	73.9	88.2	70	54.1	80.7	99.7	80.4	83.9
73	41.1	91.9	98.3	90.3	92.2	73	57.3	56.5	95.9	54.2	56.5	73	49.5	83.3	93.6	77.9	92.9	73	47.4	86.0	100.0	86.0	89.7
75.4	27.8	95.0	100.0	95.0	97.0	77	48.4	70.1	98.9	69.3	72.2	76.4	45.2	89.1	91.3	81.4	97.0	77	37.0	92.1	99.7	91.8	95.7
77	19.0	96.6	98.3	95.0	97.0	80	50.5	79.7	100.0	79.7	83.0	77	44.5	90.0	90.9	81.8	97.5	78.2	39.4	93.6	99.4	93.0	97.0
80	24.1	98.9	98.3	97.2	99.2	83	19.6	88.1	100.2	88.2	91.9	80	36.1	94.0	88.7	83.4	99.5	80	43.0	95.6	98.9	94.6	98.6
83	17.9	100.0	97.9	97.9	100.0	85.4	19.1	93.5	99.6	93.2	97.0	83	18.4	97.1	86.3	83.9	100.0	83	18.1	98.2	97.7	95.9	100.0
87	18.1	99.6	95.7	95.3	97.3	87	18.8	96.2	98.9	95.2	99.1	87	18.6	99.6	83.0	82.6	98.5	87	17.8	100.0	95.3	95.3	99.4
87.3	18.0	99.5	95.5	95.0	97.0	91	16.8	100.0	96.0	96.0	100.0	88.9	17.5	100.0	81.3	81.4	97.0	90.1	16.4	100.0	93.0	93.0	97.0
91	16.5	97.1	92.6	89.9	91.8	93.6	26.2	99.8	93.4	93.1	97.0	91	16.2	100.0	79.4	79.4	94.7	91	16.0	99.8	92.3	92.1	96.1
94	26.2	93.9	89.9	84.4	86.1	94	27.7	99.5	92.9	92.5	96.3	94	26.7	98.9	76.6	75.8	90.4	94	28.6	98.4	89.6	88.1	91.9
98	16.2	88.1	85.7	75.5	77.1	98	15.2	94.7	87.5	82.8	86.3	98	14.9	95.8	72.7	69.7	83.1	98	15.1	94.9	85.4	81.1	84.5
101	19.8	82.8	82.2	68.1	69.5	101	19.9	88.2	82.8	73.0	76.0	101	19.9	92.2	69.8	64.3	76.7	101	18.9	91.1	82.0	74.7	77.9
105	26.4	74.8	77.3	57.8	59.0	105	28.8	76.7	75.7	58.1	60.5	105	26.2	86.1	65.8	56.6	67.5	105	24.8	84.8	77.1	65.4	68.2
108	17.6	68.3	73.3	50.1	51.1	108	20.8	66.9	70.0	46.8	48.8	108	16.6	80.6	62.7	50.6	60.3	108	21.9	79.4	73.2	58.1	60.6
112	17.6	59.5	67.8	40.3	41.2	112	19.0	53.3	62.1	33.1	34.5	112	19.2	72.6	58.7	42.6	50.8	112	16.8	71.4	67.8	48.4	50.4

a DDS = Días después de la siembra

Hcos = Contenido de humedad de la semilla en el momento de la cosecha

SS100 = Índice de semilla seleccionada, tomando como 100% el máximo valor obtenido

Vig100 = Índice de vigor, tomando como 100% el mayor valor de vigor

I\*I = Índice obtenido al multiplicar SS100 x Vig100

SSVig = Índice de semilla seleccionada vigorosa, tomando como 100% el I\*I máximo obtenido

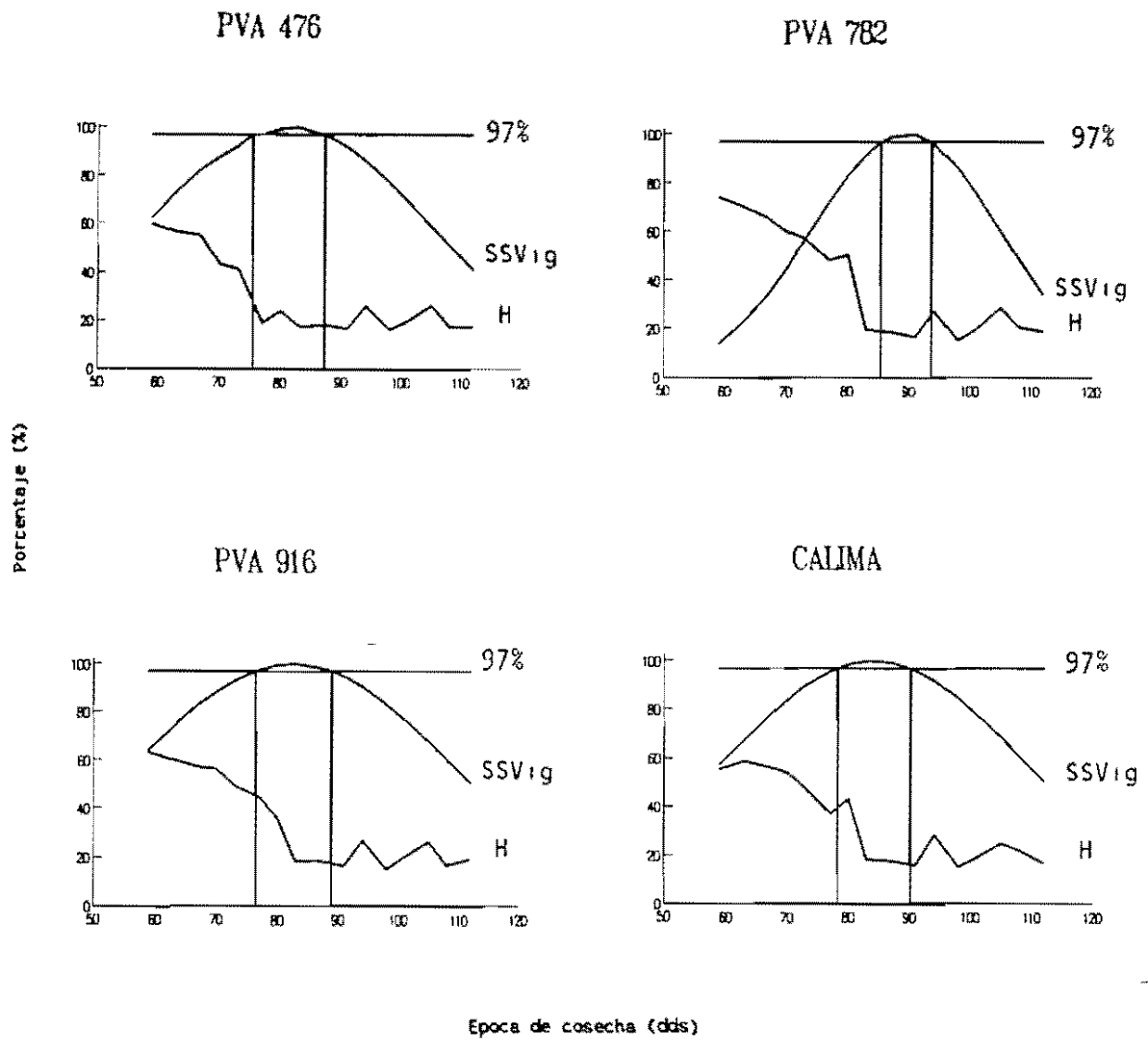


Figura 8 Índice de semilla seleccionada vigorosa (SSVig) y humedad (H) de la semilla de cuatro materiales de frijol, según la época de cosecha (En el recuadro la época definida como oportuna para cosechar )

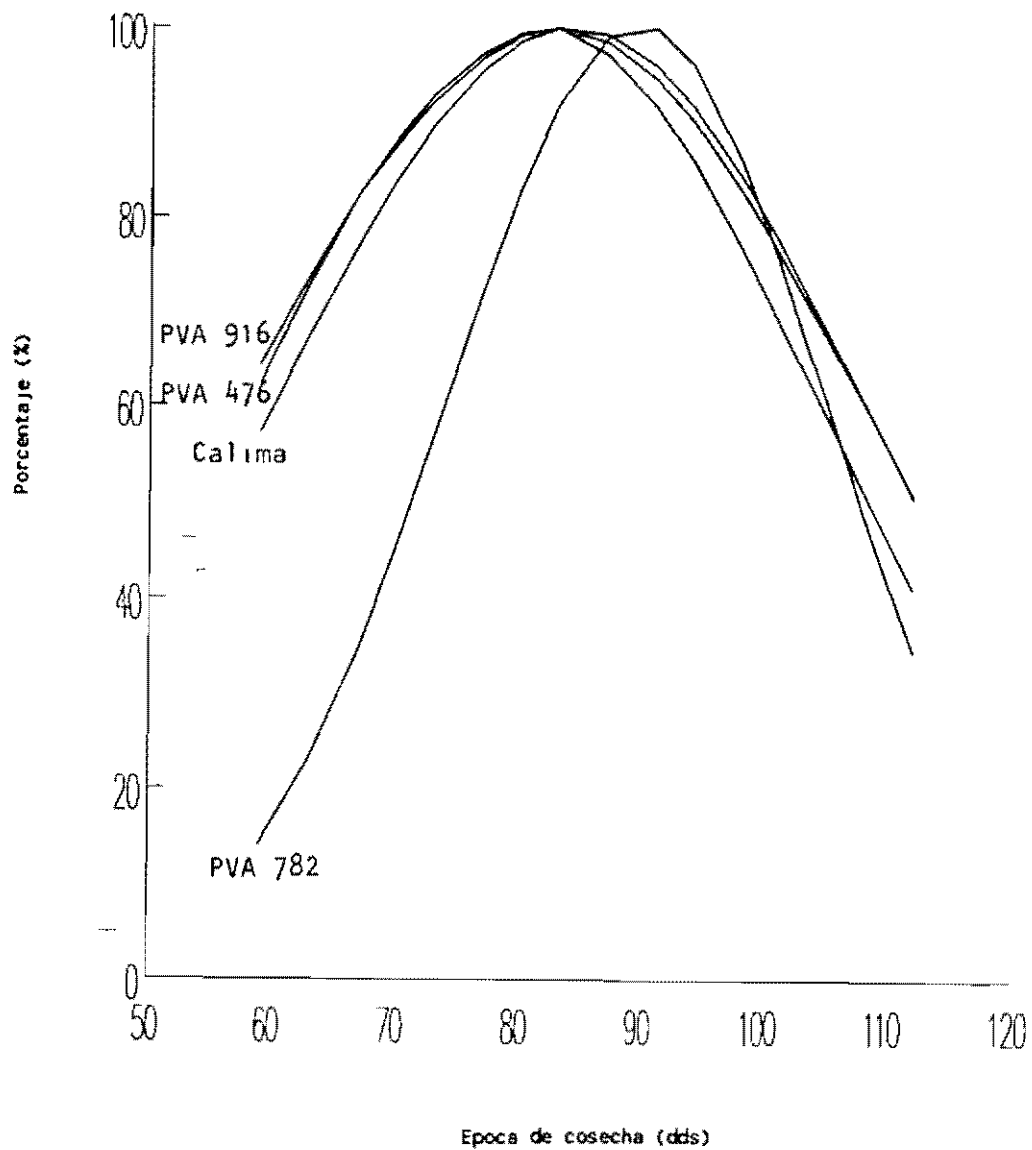


Figura 9 Comparación de las curvas de los índices de semilla seleccionada vigorosa (SSVig) de los cuatro materiales de frijol a lo largo de las diferentes épocas de cosecha



de los materiales. Adicionalmente, el Apéndice VIII presenta los promedios de todas las variables evaluadas para las épocas definidas en este estudio como prematuras, oportunas, o tardías.

La Tabla 4 se elaboró con el propósito de evaluar el índice de pérdidas en rendimiento de semilla seleccionada, en vigor, y en el índice de SSVig causadas por un anticipo o una demora en la fecha de cosecha. Se observa que un retraso de sólo 7-8 días implica pérdidas de SSVig que van desde el 3.9 hasta el 13.7% para todos los materiales y que un retraso de alrededor de 2 semanas implicó pérdidas en este mismo rubro del 15.5 al 39.5%. Asimismo, una cosecha realizada 6-8 días antes de la fecha oportuna significó reducciones del índice de SSVig que oscilaron entre el 3.0 y el 8.1%. Estas pérdidas por cosechas prematuras se ven agravadas por el alto contenido de humedad que tienen las semillas en ese momento. Por ejemplo, 6-8 días antes de la fecha oportuna, los materiales PVA 476, PVA 916, y Calima tenían humedades del 27.8, 45.2, y 37.0%, respectivamente, que implicarían daños severos si se trillaran con ese nivel de humedad. Cosechas 3 semanas prematuras o tardías significaron pérdidas drásticas en SSVig (desde un 26.2% hasta un 65.5%, para un promedio del 39.0%, Tabla 4).

A manera de resumen, la Figura 10 presenta el índice de pérdidas de SSVig, relacionándolo con las curvas de rendimiento de semilla seleccionada y de vigor, y con la curva de la evolución del contenido de humedad de la semilla, el cual es el otro factor determinante del momento óptimo de cosecha. Es importante resaltar que en el día óptimo para cosechar, todos los materiales tenían un contenido de humedad propio para la trilla (por debajo del 20%), y que mostraron una tendencia a mantener este nivel de humedad aún después de este período, mientras que sus contenidos de humedad previos a la época oportuna estuvieron siempre muy por encima de este nivel.

#### CALIDAD SANITARIA

En la Tabla 5 se resumen los datos de las pruebas de patología de la semilla en el laboratorio para 6 de las 16 épocas de cosecha analizadas,

Tabla 4 Índice de pérdidas en rendimiento de semilla seleccionada, vigor, y semilla seleccionada vigorosa de cuatro materiales de frijol como consecuencia de cosechas inoportunas<sup>a</sup>

PVA 476						PVA 782						PVA 916						Calima					
Perdidas (%)						Perdidas (%)						Perdidas (%)						Perdidas (%)					
DDS	DA/D	Hcos				DDS	DA/D	Hcos				DDS	DA/D	Hcos				DDS	DA/D	Hcos			
		(%)	S Sel	Vigor	SSVig			(%)	S Sel	Vigor	SSVig			(%)	S Sel	Vigor	SSVig			(%)	S Sel	Vigor	SSVig
59	24 0	60 0	34 9	6 0	37 5	59	32 0	74 3	82 1	24 5	86 0	59	24 0	63 4	46 0	0 0	35 6	59	24 0	55 4	42 0	5 3	42 8
63	20 0	56 6	26 2	3 3	27 1	63	28 0	70 6	73 6	17 4	77 3	63	20 0	60 1	37 3	1 4	26 2	63	20 0	58 8	33 5	2 8	32 6
67	16 0	55 0	18 1	1 3	17 5	67	24 0	66 1	62 8	11 2	65 6	67	16 0	57 3	28 6	3 1	17 5	67	16 0	56 5	25 2	1 1	22 8
70	13 0	43 1	12 7	1 7	12 4	70	21 0	60 5	53 5	7 2	55 1	70	13 0	56 4	22 4	4 7	11 8	70	13 0	54 1	19 3	0 3	16 1
73	10 0	41 1	8 1	1 7	7 8	73	18 0	57 3	43 5	4 1	43 5	73	10 0	49 5	16 7	6 4	7 1	73	10 0	47 4	14 0	0 0	10 3
75 4	7 6	27 8	5 0	0 0	3 0	77	14 0	48 4	29 9	1 1	27 8	76 4	6 6	45 2	10 9	8 7	3 0	77	6 0	37 0	7 9	0 3	4 3
77	6 0	19 0	3 4	1 7	3 0	80	11 0	50 5	20 3	0 0	17 0	77	6 0	44 5	10 0	9 1	2 5	78 2	4 8	39 4	6 4	0 6	3 0
80	3 0	24 1	1 1	1 7	0 8	83	8 0	19 6	11 9	0 2	8 1	80	3 0	36 1	6 0	11 3	0 5	80	3 0	43 0	4 4	1 1	1 4
<b>83</b>	<b>0</b>	<b>17 9</b>	<b>0 0</b>	<b>2 1</b>	<b>0 0</b>	85 4	5 6	19 1	6 5	0 4	3 0	<b>83</b>	<b>0</b>	<b>18 4</b>	<b>2 9</b>	<b>13 7</b>	<b>0 0</b>	<b>83</b>	<b>0</b>	<b>18 1</b>	<b>1 6</b>	<b>2 3</b>	<b>0 0</b>
87	+4 0	18 1	0 4	4 3	2 7	87	4 0	18 8	3 8	1 1	0 9	87	+4 0	18 6	0 4	17 0	1 5	87	+4 0	17 8	0 0	4 7	0 6
87 3	+4 3	18 0	0 5	4 5	3 0	<b>91</b>	<b>0</b>	<b>16 8</b>	<b>0 0</b>	<b>4 0</b>	<b>0 0</b>	88 9	+5 9	17 5	0 0	18 7	3 0	90 1	+7 1	16 4	0 0	7 0	3 0
91	+8 0	16 5	2 9	7 4	8 2	93 6	+2 6	26 2	0 2	6 6	3 0	91	+8 0	16 2	0 0	20 6	5 3	91	+8 0	16 0	0 2	7 7	3 9
94	+11 0	26 2	6 1	10 1	13 9	94	+3 0	27 7	0 5	7 1	3 7	94	+11 0	26 7	1 1	23 4	9 6	94	+11 0	28 6	1 6	10 4	8 1
98	+15 0	16 2	11 9	14 3	22 9	98	+7 0	15 2	5 3	12 5	13 7	98	+15 0	14 9	4 2	27 3	16 9	98	+15 0	15 1	5 1	14 6	13 5
101	+18 0	19 8	17 2	17 8	30 5	101	+10 0	19 9	11 8	17 2	24 0	101	+18 0	19 9	7 8	30 2	23 3	101	+18 0	18 9	8 9	18 0	22 1
105	+22 0	26 4	25 2	22 7	41 0	105	+14 0	28 8	23 3	24 3	39 5	105	+22 0	26 2	13 9	34 2	32 5	105	+22 0	24 8	15 2	22 9	31 8
108	+25 0	17 6	31 7	26 7	48 9	108	+17 0	20 8	33 1	30 0	51 2	108	+25 0	16 6	19 4	37 3	39 7	108	+25 0	21 9	20 6	26 8	39 4
112	+29 0	17 6	40 5	32 2	58 8	112	+21 0	19 0	46 7	37 9	65 5	112	+29 0	19 2	27 4	41 3	49 2	112	+29 0	16 8	28 6	32 2	49 6

a DDS = Días después de la siembra

DA/D = Días antes(-)/después(+) del día óptimo para cosechar (señalado en el recuadro)

Hcos = Contenido de humedad de la semilla en el momento de la cosecha

Sem Sel = Semilla seleccionada

SSVig = Índice de semilla seleccionada vigorosa

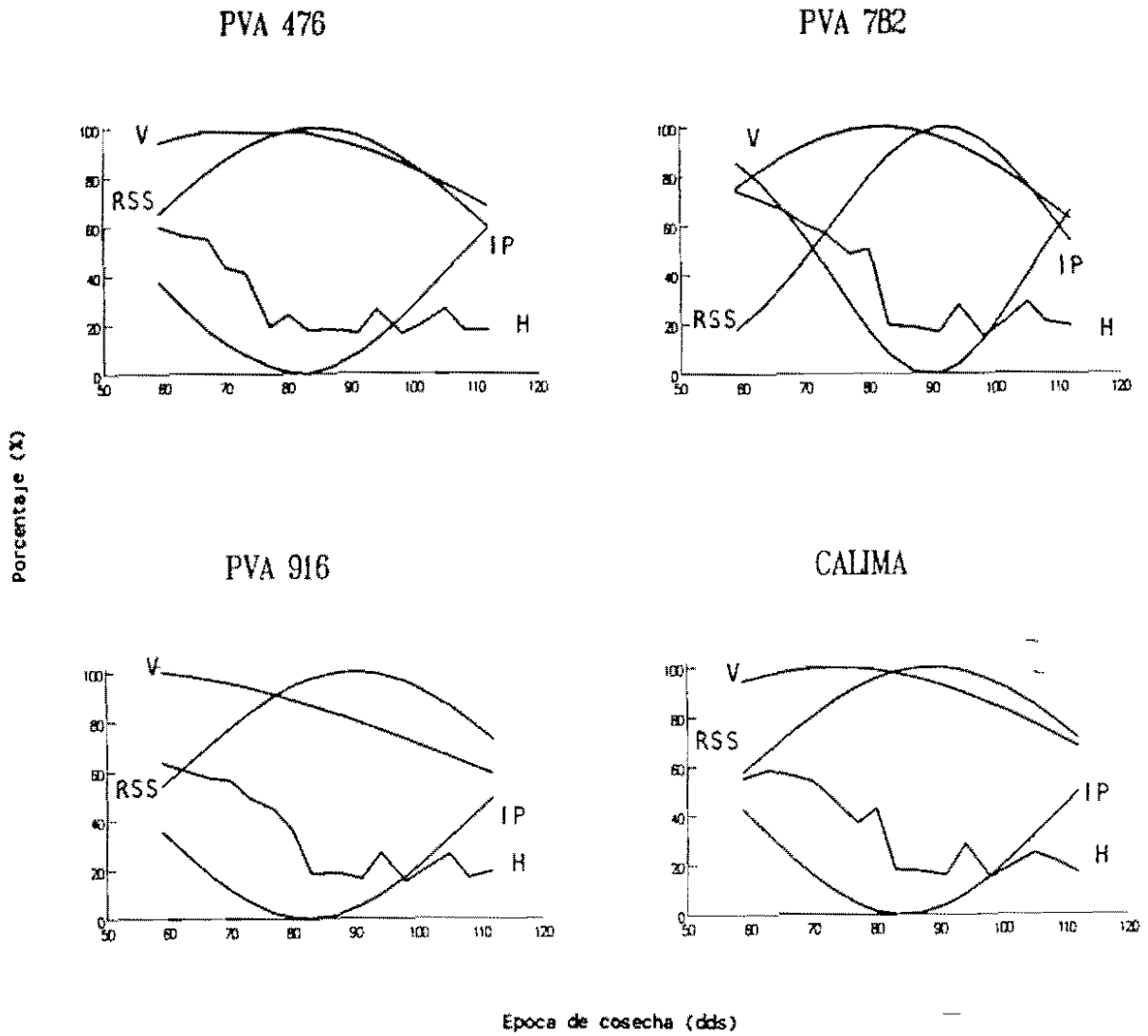


Figura 10 Índice de pérdidas (IP) de semilla seleccionada vigorosa en comparación con los valores de vigor (V) y rendimiento de semilla seleccionada (RSS) de cuatro materiales de frijol, según su contenido de humedad (H) a lo largo de las diferentes épocas de cosecha

incluyendo muestras tomadas en épocas prematuras, oportunas, y tardías. La frecuencia con que aparecieron los patógenos fue muy similar, aunque se observó una mayor infestación en las épocas tempranas y tardías por los hongos Aspergillus y Penicillium, los cuales usualmente se encuentran durante el período de almacenamiento de la semilla. En el caso de las cosechas prematuras, esta mayor infestación se podría atribuir al hecho de que la semilla, cosechada con humedades mayores al 60% y almacenada en las vainas durante largo tiempo mientras estuvieron colgadas para el secamiento, proporcionó un ambiente propicio para el desarrollo de patógenos. Asimismo, las semillas de cosechas tardías permanecieron almacenadas en sus vainas en el campo durante largo tiempo.

Tabla 5. Porcentaje de la muestra de semilla contaminada con patógenos en seis épocas de cosecha.

Material	Días después de la siembra	Patógenos					
		Alternaria spp	Fusarium spp	Macrophomina phaseolicola	Rhizoctonia solani	Aspergillus sp	Penicillium sp
PVA 476	56	2	4		4	6	2
PVA 782	56					4	4
PVA 916	56					10	8
Calima	56					28	2
PVA 476	63				4	16	18
PVA 782	63						
PVA 916	63	2	2	2		14	16
Calima	63					30	14
PVA 476	70	2	2				8
PVA 782	70					8	
PVA 916	70	2	2		4		14
Calima	70		2			8	2
PVA 476	83	2	2				2
PVA 782	83		2			4	
PVA 916	83	4				4	
Calima	83					12	4
PVA 476	87	2	2			4	2
PVA 782	87		2			4	2
PVA 916	87	4	2				8
Calima	87		4			6	6
PVA 476	108		6			14	16
PVA 782	108	2	4			18	12
PVA 916	108	4	2			24	28
Calima	108	6				10	

## CONCLUSIONES

- 1 Los principales parámetros para decidir cuándo cosechar son el rendimiento de semilla seleccionada, el vigor, y el contenido de humedad de la semilla. Para determinar la época oportuna de cosecha, es necesario encontrar el índice de semilla seleccionada vigorosa (SSVig), ya que en la práctica el momento en que se presenta el nivel máximo de rendimiento de semilla seleccionada no siempre coincide con el momento en que se presenta el nivel máximo de vigor de la semilla. El índice de semilla seleccionada vigorosa indicará al agricultor el momento en que obtendrá el mayor número de semillas que resultarán en plantas vigorosas, además le permitirá decidir el margen de pérdidas que él puede tolerar.
  
- 2 La época oportuna para realizar la cosecha, según el índice de semilla seleccionada vigorosa (SSVig) y con un nivel de pérdidas del 3% se presentó en un rango de DDS que van desde 75.4 a 87.3, 85.4 a 93.6, 76.4 a 88.9, 78.2 a 90.1 para PVA 476, PVA 782, PVA 916 y Calima, respectivamente, en tanto que el día "ideal" para cosechar, según el mismo índice de SSVig, se presentó a los 83 dds para PVA 476, PVA 916, y Calima y a los 91 dds para PVA 782. En ese momento las semillas de todos los materiales tenían un contenido de humedad por debajo del 20% requerido para trillar.
 

Un retraso de sólo 7-8 días con relación al día "ideal" para cosechar implicó pérdidas de SSVig que van desde el 3.9 hasta el 13.7% para todos los materiales y un retraso de alrededor de 2 semanas implicó pérdidas en este mismo rubro del 15.5 al 39.5%.
  
- 3 Un agricultor que no cuente con la posibilidad de realizar pruebas de vigor para su material y en su ecosistema específico, podrá determinar el momento oportuno para cosechar con relativa confiabilidad si observa los cambios fenológicos que presenta el cultivo y que le indican que ha llegado la madurez fisiológica. En el momento en que estos cambios coinciden con un equilibrio del

contenido de humedad de la semilla por debajo del nivel requerido para trillar, el cultivo se encuentra en la época oportuna para cosechar. La práctica de dejar las plantas en el campo a la espera de la deshidratación tiene efectos negativos en cuanto un retraso en la cosecha, posterior a la época oportuna, implica deterioros significativos en el vigor y el rendimiento (índice de SSVig), así como en la calidad sanitaria.

- 4 La germinación demostró no ser un parámetro para determinar la época oportuna de cosecha, ya que los niveles de germinación de todos los materiales, a excepción del PVA 916, se mantuvieron por encima del 93% aún en cosechas muy tardías.
- 5 El máximo índice de vigor se obtuvo en una etapa temprana de desarrollo de la planta (67, 80, 59, y 70 dds para los materiales PVA 476, PVA 782, PVA 916, y Calima, respectivamente).
- 6 En el caso de las cosechas prematuras, la mayor infestación de patógenos se podría atribuir al hecho de que las semillas, cosechadas con humedades mayores al 60% y almacenadas en las vainas durante largo tiempo mientras estuvieron colgadas para el secamiento, proporcionaron un ambiente propicio para el desarrollo de patógenos. Asimismo, las semillas de cosechas tardías permanecieron almacenadas en sus vainas en el campo durante largo tiempo.

## BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, R , PESKE, S T 1988 Manual para el beneficio de semillas  
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia
- ANDREWS, II C 1971 Seed quality and crop performance In Handbook  
of Seed Technology Seed Technology Laboratory Mississippi State  
University State College Mississippi pp 367-377
- AOSA 1983 Seed vigor testing handbook Contribution No 32 to the  
handbook on seed testing Association of Official Seed Analysts  
Idaho 88p
- ARAUJO, E F , SILVA, R F DA, SILVA, J DE S E , SEDIYAMA, C S 1984  
Influencia da secagem na germinacao e no vigor de sementes de  
feijao Rev Brasileira de Sementes 6(2) 97-110 -
- CIAT 1982 Etapas de desarrollo de la planta de frijol común Guía  
de Estudio CIAT, Cali, Colombia 26 p
- GOODWING, P B , SIDDIQUE, M A 1984 Seed development and quality in  
bean Control of crop productivity Ed by Pearson, C J School of  
Agriculture, The University of Western Australia
- INOUE, Y , SUZUKI, Y 1962 Studies on the effect maturity and  
after-ripening of seed upon the seed germination in snap bean,  
Phaseolus vulgaris L Journ of the Japanese Scien for  
Horticultural Science 31 pp 146-150
- ISTA 1976 Reglas internacionales para ensayos de semillas  
Ministerio de Agricultura, Dirección General de la Producción  
Agraria, Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero, Madrid  
184 p

- McDONNELL TU, J C , DIRKS, V.A. 1988 Factors affecting seed quality of navy bean in the field in Southwestern Ontario Seed Sci & Technol 16 371-381
- NEUBERM, R G , CARVALHO, N M 1976 Maturacao de sementes de feijao (Phaseolus vulgaris L ) Cientifica 4(1) 28 32 Port , Res Ingl , Port , 8 refs
- POPINIGIS, F 1974 Fisiologia de Sementes Brasilia AGIPLAN, 78 p
- SCARISBRICK, D H , GOMEZ-BARONA, J A 1976 Conclusiones finales de los efectos de época de siembra sobre la producción de grano (Phaseolus vulgaris L ) durante los años 1972-1976 INIA/Ser Prod Veg V 10, 1979
- SIDDIQUE, M A , SOMERSET, G , GOODWING, P B 1978 Time of harvest, prethreshing treatment and quality in snap bean (Phaseolus vulgaris L ) seed crop Australian Journal of Experimental Agriculture 27(1) 179-187 En , Sum , En , 18 refs II (Dept of Horticulture Bangladesh Agriculture Univ Mymensingh, Bangladesh
- SILVA, C M 1975 Determinacao da época adequada da colheita do feijao (Phaseolus vulgaris L ) con base na qualidade fisiológica das sementes Revista Ceres-22(122) 272-281
- \_\_\_\_\_, VIEIRA, C , SEDIYAMA, C S 1975 Qualidade fisiológica das sementes de feijao (Phaseolus vulgaris L ) colhidas en diferentes períodos após a fecundacao do evulo Rev Ceres, 22(122) 264-271



## Apéndice I Determinación del contenido de humedad de la semilla\*

### Definición

El contenido de agua de una muestra es equivalente al peso que pierde al desecarse. Esta humedad se expresará como un porcentaje del peso de la muestra inicial.

### Aparatos

#### a Molino regulable

El molino debe estar construido con un material no absorbente. Su construcción será tal que las semillas antes del molido y una vez molidas estén lo más protegidas posible del aire ambiente durante el proceso. Se debe efectuar un molido uniforme a una velocidad que no sea causa de calentamiento en el producto molido, reduciendo lo más posible las corrientes de aire susceptibles de provocar una pérdida de humedad.

#### b Estufa de temperatura constante

Estará regulada por un termostato bien aislado y capaz de mantener la temperatura específica a nivel de los platillos. La capacidad calorífica debe ser tal que, después de un precalentamiento a la temperatura requerida seguido de la abertura de la estufa y de la introducción de los recipientes, la estufa alcance de nuevo dicha temperatura en 15 minutos.

#### c Recipientes

Antes de su utilización se seca cada recipiente durante 1 h a 130°C en estufa u otro procedimiento semejante de secado, y se enfría en un desecador.

#### d Balanza analítica

La balanza analítica debe ser capaz de pesar con rapidez y tener una aproximación de 0.001 g.

#### e Cribas

Se requieren cribas metálicas con luz de malla de 4.00 mm.

### Pesadas

Las pesadas se obtendrán en gramos con tres cifras decimales.

### Muestra de Trabajo

Se efectuara una doble determinación sobre dos submuestras de trabajo de 5 g, tomadas independientemente.

### Molido

Las semillas se molerán antes del secado. El molido se efectuará sobre una submuestra de 40 g antes de obtener la muestra de trabajo. En el caso del frijol se requerirá un molido grosero por lo menos 50% del producto molido debe pasar a

\* ISTA 1976 Reglas internacionales para ensayos de semillas. Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero, Madrid, España.

través de una criba con 4 00 mm de luz de malla. Se ajusta el molino para conseguir partículas de las dimensiones requeridas, moler una pequeña cantidad de muestra y tirarla. Después moler una cantidad de muestra ligeramente superior a la requerida para el análisis.

#### Presecado

Si la humedad de la semilla es superior al 17% es obligatorio el presecado. Para efectuarlo se pesan dos submuestras, cada una de las cuales debe tener un peso suficiente para poder obtener después del presecado una muestra de 5 0 g. Estas submuestras se colocan en recipientes previamente tarados. Se procede a desecar las dos submuestras en sus recipientes hasta reducir su humedad al 15%. Esto se hace en una cabina de temperatura constante a 130°C, durante 5-10 min según su humedad. El material parcialmente secado se expone a las condiciones del laboratorio durante 2 h.

Después del presecado, las muestras se vuelven a pesar en sus recipientes para determinar la pérdida de peso. Seguidamente las dos submuestras parcialmente secadas se muelen independientemente y el producto del molido se somete al procedimiento apropiado.

#### Análisis de la Muestra

La muestra de trabajo de 5 0 g se extendiera uniformemente sobre la superficie del recipiente. Se pesará el recipiente con su tapadera antes y después de haberlo llenado. Se colocara rápidamente el recipiente sobre su tapadera en una estufa mantenida a 130°C y se permitirá que la muestra seque durante 1 h.

#### Cálculo de los Resultados

La cantidad de agua contenida en las semillas se calculará como un porcentaje en peso con una cifra decimal, aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

donde  $M_1$  = peso en gramos del recipiente y su tapadera

$M_2$  = peso en gramos del recipiente, su tapadera y su contenido antes del secado

$M_3$  = peso en gramos del recipiente, su tapadera y su contenido, después del secado

Si el producto ha sido presecado, la cantidad de agua contenida se calculará a partir de los resultados obtenidos en la primera (presecado) y segunda fases del procedimiento. El contenido de agua inicial de la muestra en porcentaje será

$$\frac{S_1 + S_2 - S_1 \times S_2}{100}$$

donde  $S_1$  = el agua perdida en la primera fase

$S_2$  = el agua perdida en la segunda fase

Apéndice II      Contenido de humedad a la cual la semilla de frijol se  
equilibraría bajo distintas situaciones de humedad  
relativa (HR) y temperatura

HR (%)	Temperatura ( C)					
	10	15	20	25	30	35
10	5.3	5.3	5.2	5.2	5.1	5.1
15	6.6	6.5	6.4	6.4	6.3	6.2
20	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.0
25	8.3	8.1	8.0	7.9	7.7	7.6
30	8.9	8.8	8.6	8.5	8.3	8.2
35	9.6	9.4	9.2	9.0	8.9	8.7
40	10.2	10.0	9.8	9.6	9.4	9.2
45	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	9.8
50	11.5	11.3	11.1	10.8	10.6	10.4
55	12.3	12.0	11.8	11.5	11.3	11.1
60	13.1	12.8	12.6	12.3	12.1	11.9
65	14.0	13.7	13.5	13.2	13.0	12.8
70	15.1	14.8	14.6	14.3	14.1	13.8
75	16.3	16.1	15.8	15.6	15.3	15.1
80	17.9	17.6	17.4	17.1	16.9	16.7
85	19.7	19.5	19.3	19.1	18.8	18.6
90	22.0	21.8	21.6	21.4	21.3	21.1

FUENTE      Aguirre, R y Peske, S T 1988      Manual para el beneficio de  
semilla      Centro Internacional de Agricultura Tropical  
(CIAT), Cali, Colombia

Apéndice III Valores de a, b, y c utilizados en el modelo

$a + bt + ct^2$   
 cuadrático ( $Y = e$ ) para calcular  
 las variables de calidad de la semilla de  
 cuatro materiales de frijol

PVA 476			
	a	b	c
Semilla cosechada	2 8394E+00	8 1973E 02	4 9578E 04
Semilla seleccionada	1 3673E+00	1 1384E 01	6 7576E 04
Peso de 100 semillas	2 4470E+00	3 2513E 02	1 7792E 04
Vigor (normales)	3 1314E+00	4 0241E 02	2 7140E 04

PVA 782			
	a	b	c
Semilla cosechada	6 7563E+00	2 7667E 01	1 4930E 03
Semilla seleccionada	7 4505E+00	2 9110E 01	1 5817E 03
Peso de 100 semillas	1 2892E+00	4 7063E 02	2 4156E 04
Vigor (normales)	9 4550E 01	8 7438E 02	5 3286E 04

PVA 916			
	a	b	c
Semilla cosechada	1 1578E+00	1 1449E 01	6 3835E 04
Semilla seleccionada	9 5950E 01	1 1696E 01	6 5134E 04
Peso de 100 semillas	1 0221E+00	5 9994E 02	3 2353E 04
Vigor (normales)	4 2380E+00	1 3196E 02	1 3603E 04

CALIMA			
	a	b	c
Semilla cosechada	1 7296E+00	1 0204E 01	5 7597E 04
Semilla seleccionada	1 3078E+00	1 1033E 01	6 2224E 04
Peso de 100 semillas	2 2920E+00	3 3509E 02	1 7862E 04
Vigor (normales)	3 1588E+00	3 8504E 02	2 6199E 04

Y = Variable de respuesta observada

e = Exponencial

a,b,c = Coeficientes del modelo

t = Tiempo después de la siembra en días

Apéndice IV Datos experimentales y calculados de las variables de producción y calidad fisiológica de semilla de frijol, línea PVA 476

--  
DATOS EXPERIMENTALES

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	52	52	54	50	54	53	48	53	47	54	48	51	50	50	50	48
Humedad cosecha (%)	60 0	56 6	55 0	43 1	41 1	19 0	24 1	17 9	18 1	16 5	26 2	16 2	19 8	26 4	17 6	17 6
Semilla cosechada (g)	332 3	468 8	457 8	569 3	581 0	480 0	477 8	514 8	479 3	472 8	473 3	376 8	397 5	380 8	357 0	378 3
Semilla limpia (g)	330 0	466 5	456 0	567 3	578 0	478 0	474 5	511 8	477 5	470 5	470 5	375 0	396 0	377 8	355 5	375 7
Semilla seleccionada (g)	251 5	394 5	440 3	539 7	530 0	446 7	446 0	490 8	436 5	431 5	458 8	361 5	361 8	360 5	325 3	337 0
Descarte zaranda (g)	2 3	2 3	1 8	2 0	3 0	2 0	3 3	3 0	1 8	2 3	2 8	1 8	1 5	3 0	1 5	2 7
Descarte manual (g)	78 5	72 0	15 8	27 7	48 0	31 3	28 5	21 0	41 0	39 0	11 8	13 5	34 3	17 3	30 3	38 7
Descarte total (g)	80 8	74 3	17 5	29 7	51 0	33 3	31 8	24 0	42 8	41 3	14 5	15 3	35 8	20 3	31 8	41 3
Peso 100 semillas (g)	41 6	43 8	46 6	49 3	49 2	48 3	49 5	48 6	49 3	47 6	50 0	49 2	50 0	49 5	49 2	49 0
Germinación (% normales)	99	99	99	100	99	98	98	99	98	99	98	98	99	95	96	97
Germinación (% anormales)	1	1	1	0	1	2	2	1	2	1	2	2	1	3	2	2
Vigor (% normales)	97	98	97	97	99	98	95	99	95	95	96	90	90	81	80	60
Vigor (% anormales)	1	2	2	3	1	2	1	1	4	3	3	5	4	8	9	18

DATOS CALCULADOS

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Semilla cosechada (g)	383 7	418 2	448 5	467 8	483 6	498 6	504 8	506 6	501 9	489 5	475 4	450 9	428 9	395 6	368 6	330 7
Semilla seleccionada (g)	308 5	349 8	388 2	413 7	435 6	457 9	468 7	473 9	472 0	460 0	444 8	417 4	392 4	354 5	323 9	281 8
Descarte total (g)	75 2	68 3	60 4	54 1	48 0	40 6	36 1	32 6	29 9	29 5	30 5	33 5	36 5	41 1	44 7	48 9
Peso 100 semillas (g)	42 3	44 2	45 9	47 0	48 1	49 2	49 9	50 4	50 9	51 0	51 0	50 6	50 2	49 4	48 6	47 3
Germinación (% normales)	99	99	99	99	99	98	98	98	98	98	98	97	97	97	97	97
Vigor (% normales)	96	98	100	100	100	100	100	100	97	94	91	87	84	79	75	69

a En el recuadro el período definido como época oportuna de cosecha

Apéndice V Datos experimentales y calculados de las variables de producción y calidad fisiológica de semilla de frijol, línea PVA 782

DATOS EXPERIMENTALES

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	51	46	51	49	49	48	50	50	49	48	46	46	46	46	49	48
Humedad cosecha (%)	74.3	70.6	66.1	60.5	57.3	48.4	50.5	19.6	18.8	16.8	27.7	15.2	19.9	28.8	20.8	19.0
Semilla cosechada (g)	116.5	191.8	245.5	307.8	383.8	426.0	373.0	394.5	403.5	368.3	385.5	331.0	319.8	318.5	307.0	355.7
Semilla limpia (g)	71.0	114.0	157.5	238.3	344.5	412.7	344.0	376.0	379.0	353.3	367.5	317.0	313.5	308.5	301.8	351.7
Semilla seleccionada (g)	51.8	91.3	158.5	227.0	318.8	396.7	320.3	364.5	360.3	315.5	328.0	271.8	284.0	258.0	263.5	309.0
Descarte zaranda (g)	45.5	77.8	88.0	69.5	39.3	13.3	29.0	18.5	24.5	15.0	18.0	14.0	6.3	10.0	5.3	4.0
Descarte manual (g)	19.3	22.8	20.0	11.3	25.8	16.0	23.7	11.5	18.8	37.8	39.5	45.3	29.5	50.5	38.3	42.7
Descarte total (g)	64.8	100.5	88.0	80.8	65.0	29.3	52.7	30.0	43.3	52.8	57.5	59.3	35.8	60.5	43.5	46.7
Peso 100 semillas (g)	23.4	26.3	27.4	30.7	31.5	34.1	33.4	34.7	32.5	33.8	33.6	32.6	34.8	35.0	34.1	34.9
Germinación (% normales)	96	100	100	100	100	96	97	100	97	97	99	94	95	93	90	94
Germinación (% anormales)	2	0	0	0	0	4	3	0	3	3	1	5	4	6	9	5
Vigor (% normales)	61	75	89	86	94	87	93	86	83	85	87	84	77	69	65	56
Vigor (% anormales)	16	7	5	8	4	7	5	9	10	9	8	8	10	13	18	18

DATOS CALCULADOS

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Semilla cosechada (g)	79.0	115.4	160.5	199.3	240.9	297.5	337.7	373.2	408.9	427.1	427.7	411.0	386.6	341.6	301.8	245.3
Semilla seleccionada (g)	67.9	100.6	141.6	177.0	215.0	266.7	303.2	335.0	366.2	380.4	378.7	360.1	335.4	291.9	254.4	202.7
Descarte total (g)	11.1	14.8	19.0	22.3	25.9	30.8	34.5	38.1	42.7	46.7	49.0	50.9	51.1	49.7	47.3	42.6
Peso 100 semillas (g)	25.2	27.0	28.7	30.0	31.1	32.5	33.4	34.2	35.0	35.6	35.8	35.9	35.8	35.4	35.0	34.1
Germinación (% normales)	100	99	99	98	98	98	97	97	96	96	95	95	95	94	94	93
Vigor (% normales)	70	77	82	86	89	92	93	93	92	89	86	81	77	70	65	58

<sup>a</sup> En el recuadro el período definido como época oportuna de cosecha

Apéndice VI Datos experimentales y calculados de las variables de producción y calidad fisiológica de semilla de frijol, línea PVA 916

DATOS EXPERIMENTALES

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	57	52	51	47	54	54	54	51	59	54	55	51	52	50	49	52
Humedad cosecha (%)	63.4	60.1	57.3	56.4	49.5	44.5	36.1	18.4	18.6	16.2	26.7	14.9	19.9	26.2	16.6	19.2
Semilla cosechada (g)	247.3	397.0	446.5	435.0	533.3	459.0	468.0	480.5	507.0	521.0	514.3	479.0	438.8	498.0	489.0	405.3
Semilla limpia (g)	242.0	390.8	440.3	430.5	530.0	451.7	460.7	473.0	499.5	517.0	506.7	475.8	435.8	494.0	485.8	401.0
Semilla seleccionada (g)	228.0	358.3	417.0	409.0	493.7	429.0	406.0	425.5	459.0	484.3	474.3	450.3	407.8	465.5	435.0	376.3
Descarte zaranda (g)	5.3	6.3	6.3	4.5	3.3	7.3	7.3	17.5	7.5	4.0	7.7	3.3	3.0	4.0	3.3	4.3
Descarte manual (g)	14.0	32.5	23.3	21.5	36.3	22.7	54.7	47.5	40.5	32.8	32.3	25.5	28.0	28.5	50.8	24.7
Descarte total (g)	19.3	38.8	29.5	26.0	39.7	30.0	62.0	55.0	48.0	36.8	40.0	28.8	31.0	32.5	54.0	29.0
Peso 100 semillas (g)	29.5	34.8	37.3	40.3	41.0	43.1	42.0	42.5	41.7	42.1	42.5	41.4	41.7	42.5	42.8	38.6
Germinación (% normales)	96	86	89	94	94	88	86	93	95	94	91	86	96	90	91	84
Germinación (% anormales)	4	7	8	4	3	10	10	7	3	6	8	11	4	8	6	11
Vigor (% normales)	89	90	97	87	88	83	81	82	77	74	66	75	62	61	59	48
Vigor (% anormales)	7	6	3	7	7	13	14	10	12	15	18	15	17	21	20	26

DATOS CALCULADOS

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Semilla cosechada (g)	296.0	342.7	388.7	421.5	451.9	487.1	508.4	524.5	537.2	539.0	533.2	516.3	497.2	464.5	435.5	392.6
Semilla seleccionada (g)	268.5	311.9	354.9	385.7	414.2	447.4	467.6	483.0	495.1	497.2	491.9	476.2	458.5	428.0	400.9	360.8
Descarte total (g)	27.5	30.8	33.8	35.8	37.7	39.7	40.8	41.6	42.1	41.9	41.3	40.1	38.7	36.5	34.6	31.7
Peso 100 semillas (g)	31.0	33.7	36.2	38.0	39.6	41.4	42.6	43.5	44.4	44.8	44.8	44.5	43.9	42.7	41.6	39.8
Germinación (% normales)	94	93	93	93	92	92	92	91	91	91	90	90	90	89	89	89
Vigor (% normales)	94	93	91	90	88	85	83	81	78	75	72	68	66	62	59	55

<sup>a</sup> En el recuadro el período definido como época oportuna de cosecha

Apéndice VII Datos experimentales y calculados de las variables de producción y calidad fisiológica de semilla de frijol, variedad Calima

DATOS EXPERIMENTALES

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	51	53	52	50	52	52	52	51	52	51	49	51	46	46	46	47
Humedad cosecha (%)	55.4	58.8	56.5	54.1	47.4	37.0	43.0	18.1	17.8	16.0	28.6	15.1	18.9	24.8	21.9	16.8
Semilla cosechada (g)	263.0	390.3	444.5	432.5	535.0	478.0	524.5	491.3	490.0	561.3	512.3	421.3	390.3	413.3	433.3	425.8
Semilla limpia (g)	254.5	383.5	438.3	428.5	532.8	473.7	521.0	487.8	480.0	558.0	508.0	418.0	387.0	409.8	431.0	422.5
Semilla seleccionada (g)	222.8	370.8	412.0	400.3	504.8	454.3	501.5	470.8	452.5	541.7	481.8	395.0	367.3	385.5	410.0	401.3
Descarte zaranda (g)	8.5	6.8	6.3	4.0	2.3	4.3	3.5	3.5	10.0	3.3	4.3	3.3	3.3	3.5	2.3	3.3
Descarte manual (g)	31.8	12.8	26.3	28.3	28.0	19.3	19.5	17.0	27.5	16.3	26.3	23.0	19.8	24.3	21.0	21.3
Descarte total (g)	40.3	19.5	32.5	32.3	30.3	23.7	23.0	20.5	37.5	19.7	30.5	26.3	23.0	27.8	23.3	24.5
Peso 100 semillas (g)	35.6	40.8	42.3	44.4	45.1	33.6	45.8	46.8	45.7	46.3	47.0	45.6	46.0	46.4	46.8	45.5
Germinación (% normales)	98	97	98	98	98	96	96	94	99	99	99	97	99	97	97	98
Germinación (% anormales)	2	2	2	1	1	2	3	4	1	0	1	2	1	1	2	1
Vigor (% normales)	95	92	96	96	93	94	94	94	90	84	85	85	84	78	71	51
Vigor (% anormales)	3	7	2	3	5	2	4	3	5	8	8	7	5	9	11	12

DATOS CALCULADOS

Variables	Días después de la siembra <sup>a</sup>															
	59	63	67	70	73	77	80	83	87	91	94	98	101	105	108	112
No plantas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Semilla cosechada (g)	312.7	355.1	395.8	424.3	450.1	479.1	496.1	508.4	516.9	515.9	508.9	491.8	473.6	443.2	416.6	377.4
Semilla seleccionada (g)	284.6	326.6	367.4	396.1	422.3	452.0	469.5	482.2	491.0	490.2	483.2	465.8	447.4	416.5	389.7	350.4
Descarte total (g)	28.1	28.5	28.4	28.1	27.7	27.1	26.6	26.2	25.8	25.7	25.7	26.0	26.3	26.7	26.9	27.0
Peso 100 semillas (g)	38.4	40.2	41.9	43.1	44.1	45.3	46.0	46.7	47.2	47.6	47.6	47.5	47.2	46.6	45.9	44.9
Germinación (% normales)	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
Vigor (% normales)	92	94	96	97	97	97	96	95	92	89	87	83	79	75	71	66

a En el recuadro el período definido como época oportuna de cosecha



Apéndice VIII Valores promedio de las variables evaluadas para las épocas de cosecha prematuras, oportunas, y tardías de cuatro materiales de frijol

DATOS EXPERIMENTALES	PVA 476			PVA 782			PVA 916			Colima		
	Prematura	Oportuna	Tardía	Prematura	Oportuna	Tardía	Prematura	Oportuna	Tardía	Prematura	Oportuna	Tardía
No plantas	52.1	50.0	49.9	49.1	48.8	46.8	52.0	54.4	51.8	51.6	51.3	47.8
Humedad cosecha (%)	51.2	19.8	20.1	55.9	17.8	21.9	57.3	29.4	20.0	51.5	26.3	20.3
Semilla cosechada (g)	481.8	487.9	405.2	304.8	385.9	336.2	411.8	478.6	477.9	423.9	501.9	451.1
Semilla limpia (g)	479.6	485.4	403.0	257.2	366.1	326.7	406.7	471.2	473.7	418.5	496.3	447.8
Semilla seleccionada (g)	431.2	455.0	376.6	241.1	337.9	285.7	381.2	429.9	441.9	394.1	474.9	426.1
Descarte zaranda (g)	2.3	2.5	2.2	47.6	19.8	9.6	5.1	7.4	4.2	5.3	5.7	3.3
Descarte manual (g)	48.4	30.5	26.4	18.8	28.3	40.9	25.5	41.3	31.8	24.4	21.3	21.7
Descarte total (g)	50.6	33.0	28.6	63.9	48.0	50.5	30.6	48.8	36.0	29.7	27.0	25.0
Peso 100 semillas (g)	46.1	48.9	49.2	30.2	33.2	34.1	36.6	42.3	41.6	40.3	46.1	46.2
Germinación (% normales)	99.2	98.3	97.4	98.6	97.0	94.2	91.8	90.5	90.3	97.5	96.3	98.0
Germinación (% anormales)	0.8	1.8	1.9	1.1	3.0	5.0	5.2	7.5	7.7	1.7	2.7	1.1
Vigor (% normales)	97.6	96.8	84.6	83.9	84.0	73.0	90.2	80.8	63.6	94.3	92.7	76.9
Vigor (% anormales)	1.8	2.0	7.1	7.6	9.5	12.5	6.0	12.3	18.9	3.7	4.0	8.6

DATOS CALCULADOS (a)

Variables

No plantas	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Semilla cosechada (g)	440.4	503.0	419.9	225.4	418.0	352.3	380.1	514.3	482.6	402.8	507.1	461.1
Semilla seleccionada (g)	379.2	468.1	382.1	200.9	373.3	303.9	347.0	473.3	444.8	374.8	480.9	434.7
Descarte total (g)	61.2	34.8	37.8	24.6	44.7	48.5	33.1	41.0	37.8	28.0	26.2	26.3
Descarte total (%)	14.2	6.9	9.4	10.9	10.7	14.1	8.8	8.0	7.9	7.1	5.2	5.8
Peso 100 semillas (g)	45.5	50.1	49.7	30.2	35.3	35.3	35.7	43.0	43.1	42.2	46.6	46.8
Germinación (% normales)	98.8	98.1	97.2	98.3	96.1	94.4	93.1	91.6	89.7	97.6	97.7	97.8
Vigor (% normales)	99.5	99.9	82.7	85.2	90.4	72.8	91.0	82.0	65.2	95.3	94.3	78.5

Apéndice IX Valores de  $d$  y  $f$  utilizados en el modelo lineal ( $G = d + ft$ ) para calcular la variable germinación

	PVA 476	PVA 782	PVA 916	Calima
$d =$	1 0194E +02	1 0714E +02	9 9503E +01	9 7270E +01
$f =$	-4 6897E -02	-1 2404E -01	-9 7153E -02	5 0218E -03

$G$  = Variable de respuesta observada

$d, f$  = Coeficientes del modelo

$t$  = Tiempo después de la siembra en días