

CARACTERIZACION FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE *Arachis pintoi* Krap. et Greg. nom. nud. EN TRES AMBIENTES DE ALMACENAMIENTO

C. I. Cardozo¹ - Y. López¹
J. E. Ferguson²

COMPENDIO

Para evaluar la calidad fisiológica de la semilla de *Arachis pintoi* fue diseñado un estudio en tres diferentes condiciones de almacenamiento y empaque hermético. Se realizaron evaluaciones a 2, 4, 8, 10 y 14 meses poscosecha (MPC). Los resultados mostraron una buena capacidad de almacenamiento de la semilla hasta por 10 MPC aún en ambiente natural (24°C y 75%HR). El secado natural de la semilla logró un contenido de humedad promedio de los lotes de semilla de 6.5%, la cual se mantuvo constante por efecto del empaque utilizado. El componente de semilla fresca presentó inicialmente niveles hasta del 32% los cuales se redujeron significativamente al cabo de 6-8 MPC. El porcentaje de plántulas normales se incrementó alcanzando su máximo valor entre 8 y 10 MPC. El deterioro de la semilla se inició a partir de 10 mpc. Los cuatro lotes presentaron calidad intermedia mostrando un efecto del sistema de producción con cosecha parcialmente mecanizada.

Palabras clave: *Arachis pintoi*, Semilla, Calidad fisiología, Almacenamiento, Cosecha.

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEED OF *Arachis pintoi* Krap. et Greg. nom. nud. IN THREE STORAGE CONDITIONS

A study was designed to evaluate the performance of four seed lots produced in different regions of Colombia, under three different storage conditions. Five times were evaluated at 2, 4, 8, 10 and 14 months postharvest (MPH). Results showed a good seed storage capacity until 10 MPH even under ambient conditions (average 24°C and 75% relative moisture). Initially the fresh seed component presented levels such as 32%, but was reduced significantly in a period of 6 - 8 MPH. The percentage of normal seedlings increased consistently achieving its maximum value at 8 - 10 MPH. Seed deterioration, measured as the increment of abnormal seedlings and dead seed, started at 10 MPH. The four seed lots presented an intermediate physiological quality which was affected by the production system used. Natural drying reduced seed moisture content in the seed lots to an average of 6.5%, which remained due to the packing used.

Keywords: *Arachis pintoi*, Seed, Quality physiology, Storage, Harvest.

INTRODUCCION

Arachis pintoi Krap. et Greg es una leguminosa perenne que puede ser utilizada como forrajera, dada su alta calidad en términos de proteína cruda y su capacidad para asociarse bien con varias especies de gramíneas (Grof, 1984, Lascano & Thomas 1988, Lascano, 1994); como cultivo de cobertura en planta-

ciones por su tolerancia a la sombra; como control de erosión en suelos de ladera por su crecimiento estolonífero y sistema radical (Dwyer et al 1989, Dominguez y de La Cruz 1990, de La Cruz et al 1994, Cook & Loch 1993, Argel 1994); y más recientemente, sus flores de color amarillo intenso y su follaje han motivado su utilización como ornamental.

Profesores Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237 Palmira.
Programa de Forrajes del CIAT

En contraste con sus múltiples usos, una de las limitaciones más importantes es la insuficiente disponibilidad de semilla. En este sentido, es importante reconocer las dificultades que ofrece una especie novedosa, prácticamente silvestre y con muy pocos años de domesticación. A éstos factores, se le agrega que es una especie geocárpica y la semilla madura se desprende de la planta madre. Con relación al deterioro poscosecha de la semilla, no se han realizado estudios con esta especie. Aunque la longevidad de la semilla varía entre especies, en términos generales, presenta inicialmente altos valores de viabilidad, luego inicia su deterioro con el tiempo. El deterioro de la semilla se puede monitorear a través de los cambios en los componentes de la prueba de germinación (Ferguson et al 1992).

Australia, país donde se desarrolló una tecnología de cosecha completamente mecanizada, enfrenta serios problemas de manejo poscosecha de la semilla. En América Latina, con métodos completamente manuales, en Bolivia y parcialmente mecanizados, en Colombia, todavía no se han adelantado estudios que permitan entender mejor la fisiología de la semilla y su aplicación a los sistemas de producción y el manejo poscosecha principalmente en las fases de secado, beneficio y almacenamiento de la semilla a corto, medio y largo plazo.

Aunque actualmente la semilla que se comercializa en Colombia proviene principalmente de Bolivia, de sistemas de producción con pequeños productores a nivel nacional existen personas motivadas, iniciar actividades de producción de semilla con esta especie, pero que requieren más información técnica para reducir los riesgos inherentes a la producción y manejo poscosecha de la semilla.

El presente trabajo pretende aportar información relevante que contribuya al diseño de procesos de producción y a entender el comportamiento poscosecha de la semilla de Mani forrajero perenne, mediante el logro del siguiente objetivo:

Estudiar las características fisiológicas de la semilla cuantificando el comportamiento de los componentes de la prueba de germinación (plantas normales, anormales, semilla fresca y semilla muerta) a través del tiempo, en tres condiciones de almacenamiento.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, localizado en la ciudad de Palmira, departamento del Valle, Colombia, con muestras de aproximadamente 2 kg de semilla de cuatro lotes

provenientes de diferentes lugares de Colombia:

Lote 1: Semilla cosechada por el CIAT en un rebrote de 14 meses (segunda cosecha) en un campo de 30 meses localizado en Miranda, Cauca;

Lote 2: Semilla cosechada por el CIAT en un área de 24 meses de la estación experimental "La Romelia" del Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFE) Chinchiná, Caldas;

Lote 3: Semilla cosechada por un productor privado en un campo de multiplicación de semillas de 14 meses, localizado en Candelaria dentro de la estación experimental de la Universidad Nacional sede Palmira;

Lote 4: Semilla cosechada por el CIAT en un campo de multiplicación de 14 meses localizado en Manizales, Caldas).

Se estudiaron tres ambientes de almacenamiento:

1- Ambiente natural en la sede del CIAT- Palmira, con una temperatura anual entre 25 y 30°C y Humedad Relativa de 60 - 75%;

2- Ambiente controlado con temperatura entre 10 y 15°C y Humedad Relativa de 50 - 55%;

3- Ambiente controlado con temperatura de -20°C y < de 10% de Humedad Relativa.

Los empaques herméticos utilizados permiten inferir que los cambios en la calidad de la semilla ocurridos durante el ensayo se atribuyeron solamente al efecto de la temperatura y al contenido de humedad inicial.

De acuerdo con el Standard Branch-DPI, Australia (Cook y Loch 1993), se incluyó el pretratamiento térmico con miras a reducir los niveles de latencia de los lotes y evaluar su efecto en semillas cosechadas en condiciones tropicales:

Pretratamiento 1. Sin calor. Se sacaron semillas de cada ambiente de almacenamiento en cada época de evaluación y se realizaron las pruebas de análisis directamente.

Pretratamiento 2. Con calor. Se sacaron las muestras 12 días antes de cada evaluación y se les aplicó un tratamiento térmico de 40°C durante 12 días.

Utilizando la técnica de octaneo (ISTA, 1985) de cada muestra por lote de semilla se obtuvieron 96 fracciones de 50 semillas (4 épocas x 4 repeticiones x 3 ambientes x 2 pretratamientos). Cada fracción se empacó en bolsas selladas de aluminio plastificado. Adicionalmente se obtuvieron por cada lote 36 fracciones de 25 semillas (3 épocas x 2 repeticiones x 3 ambientes x 2 pretratamientos) para determinar el contenido de

humedad en tres épocas (4, 8 y 14 meses poscosecha).

Las bolsas se distribuyeron completamente al azar en tres grupos y se colocaron en los respectivos ambientes de almacenamiento. En cada época (4,8,10 y 14 meses poscosecha) se tomaron completamente al azar, las cuatro bolsas de 50 semillas (repeticiones) de cada lote para las pruebas de germinación. 12 días antes de cada época de evaluación eran retiradas las repeticiones que debían recibir el pretratamiento con calor.

El experimento se realizó en un diseño completamente al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó con la Prueba de Duncan al 5%.

Se realizaron 5 evaluaciones, la primera se consideró como el tiempo "cero" (2 meses) y las otras cuatro a 4, 8, 10 y 14 meses poscosecha.

Las variables de respuesta fueron:

Germinación. Plántulas Normales (% , en número): corresponde al promedio de plántulas caracterizadas como normales al final de la prueba de germinación. **Plántulas Anormales** (% , en número): corresponde al promedio de plántulas caracterizadas como anormales al final de la prueba de germinación. **Semillas Frescas** (% , en número): corresponde al promedio de semillas no germinadas durante la prueba de germinación, pero que evidentemente han tomado algo de agua del sustrato y por lo tanto se consideran vivas. **Semillas Muertas** (% , en número): corresponde al promedio de semillas no germinadas pero que están evidentemente muertas principalmente por presencia de microorganismos.

Cuadro 2. Evaluación preliminar de la calidad fisiológica de la de semilla de *Arachis pintoi* cv. Maní forrajero perenne, en el momento de inicio del ensayo, 2 meses poscosecha

LOTE SEMILLA Nº.	VIABILIDAD TETRAZOLIO %	PLÁNTULAS %		SEMILLAS %	
		NORMALES	ANORMALES	FRESCAS	MUERTAS
1	96	40	9	32	19
2	81	29	10	21	40
3	88	29	13	25	34
4	85	14	32	20	34

Cuadro 1. Caracterización inicial de los lotes de semilla de *Arachis pintoi* cv. maní forrajero perenne, 2 meses poscosecha

LOTE SEMILLA Nº.	CONTENIDO DE SEMILLA PURA %	PESO UNIDAD ¹		CONTENIDO DE HUMEDAD (%) ²	ORIGEN
		VAINA g/100	LIBRE		
1	99.5	14.3	10.7	6.7	Miranda
2	90.1	16.8	12.0	6.4	Chinchiná
3	96.6	15.8	11.6	6.2	Candelaria
4	96.4	18.7	15.2	6.9	Manizales

¹ Vaina, conteniendo una semilla; libre: semilla sin vaina
² De la semilla en vaina

Contenido de humedad. En tres épocas (inicio - medio - final) del ensayo se evaluó el contenido de humedad en base húmeda de las semillas en vaina.

Viabilidad en tetrazolio. Se realizaron dos evaluaciones (inicial y final). La variable de respuesta generada por esta prueba se conoce como Semilla Viable (% , en número).

Cuando se hizo necesario los datos, expresados en porcentaje, se transformaron mediante arcoseno (Little & Hills, 1984)

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización inicial de los lotes de semilla

Los cuatro lotes de semilla fueron caracterizados antes de iniciar los tratamientos de almacenamiento y pretratamiento térmico con el fin de establecer la calidad física y fisiológica inicial y tener un patrón de referencia que permitiera establecer el rango de variación del estudio. En el Cuadro 1 se presentan los datos obtenidos de la caracterización física de los cuatro lotes de semilla, 2 meses poscosecha (MPC).

El Peso Unidad de la semilla con vaina y sin vaina varió para los cuatro lotes. El lote 1 presentó las semillas más livianas y el lote 4 las más pesadas. Estos datos coinciden con los reportados por Ferguson et al, 1992, quienes encontraron semillas de mayor tamaño y peso en la zona cafetera de Colombia. El contenido de humedad de la semilla en vaina fue similar para los cuatro lotes con un promedio de 6.5% con un rango entre

6.2 y 6.9 %. Este contenido de humedad fue logrado con secado natural al sol durante 4 días.

En el Cuadro 2 se presentan los datos obtenidos de la evaluación de calidad fisiológica inicial de los cuatro lotes. La viabilidad en tetrazolio promedio fue de 87.5%. Los lotes 2, 3 y 4 presentaron un valor promedio de 85% en contraste con el lote uno que presentó un valor de 96%.

Los lotes 2 y 3 presentaron plántulas normales en promedio de 29%. El lote 4 solo alcanzó un valor de 14% en contraste con el lote 1 que logró un valor de 40%. Con relación a las plántulas anormales los lotes 1,2, y 3 presentaron en promedio 10.5%, mientras que el lote 4 presentó un valor de 32%. Estos datos fueron superiores a los encontrados en estudios preliminares con lotes de semilla provenientes de Bolivia, donde los valores para este componente han oscilado entre 2 y 13% con un promedio de 6%. La semilla fresca presentó un promedio de 24% con un rango entre 20 y 32%. Este componente permite visualizar los niveles de latencia de la semilla de Maní forrajero perenne a que hace referencia Cook & Loch (1993), igualmente, Ferguson (1994), reporta a 6 meses poscosecha valores promedios de 37% (19-54%) en lotes de semilla de Bolivia. El componente Semilla Muerta, permitió agrupar los lotes 2, 3 y 4 con un promedio de 36% en comparación al lote 1, 19%. Estos valores son relativamente altos en comparación con datos obtenidos en experimentos preliminares donde este componente presentó valores promedios de 6% y 12% en lotes de semilla de origen boliviano y colombiano respectivamente.

Comparados con experiencias previas, los cuatro lotes de semilla evaluados en este experimento presentaron una calidad fisiológica inicial intermedia, donde se destacan los altos valores de semilla muerta. Con base en el análisis realizado, es importante destacar que la sola prueba de viabilidad en tetrazolio no permite diferenciar claramente la calidad entre lotes de semilla y por lo tanto una buena caracterización debe incluir un análisis integral de los distintos componentes de la prueba de germinación.

Dinámica de los componentes en el tiempo

Para facilitar el análisis se hace necesario entender inicialmente el comportamiento individual de los distin-

Cuadro 3. Resumen de los análisis de varianza en cada época de evaluación para la variable de respuesta germinación normal

FUENTES DE VARIACIÓN	gl	4 MESES	8 MESES	10 MESES	14 MESES
Lote	3	**	**	**	**
Ambiente	2		*	*	**
Lote x Ambiente	6	**	*	*	**
Pretratamiento Calor	1			*	
Lote x Calor	3		**		
Ambiente x Calor	2	**	**	*	
Lote x Amb x Calor	6		*	*	*
Error	72				
Total	95				

** = Diferencias altamente significativas
 * = Diferencias significativas

tos componentes y finalmente se realizará el análisis de manera integral.

Germinación normal. El análisis de varianza para la variable germinación normal en las cuatro épocas de evaluación se presenta en el Cuadro 3.

Se presentaron diferencias significativas en la germinación normal entre los lotes de semillas (Cuadro 3). Estas diferencias fueron consistentes a través de las cuatro épocas de evaluación. Las diferencias estuvieron acopladas con las diferencias obtenidas en la caracterización inicial (Cuadro 1). En términos generales, el lote 1 presentó los valores más altos de germinación en todas las épocas y fue significativamente superior a los otros tres lotes. Los lotes 2 y 3 no presentaron valores significativamente diferentes entre sí pero fueron superiores significativamente al lote 4 (Cuadro 4).

Hasta los 4 MPC, los valores de germinación normal de los cuatro lotes de semilla se incrementaron proporcionalmente con respecto a la evaluación inicial a 2 MPC en 27,34,25 y 19%. Entre esta época y la siguiente evaluación a 8 MPC, los incrementos continuaron ligeramente y a 10 MPC, los lotes lograron la máxima germinación. Finalmente, 14 MPC los valores disminuyeron. Estos resultados concuerdan con experiencias preliminares obtenidas en el programa de forrajes del CIAT con distintos lotes de semilla (Ferguson,1994). Por consiguiente se puede decir que la semilla recién cosechada presenta niveles importantes de semilla no germinada, lo cual podría estar asociado con los fenómenos de latencia y/o posmaduración.

Cuadro 4. Dinámica de los componentes de la prueba de germinación por cada lote de semilla en cada época de evaluación

COMPONENTE	EPOCA (mpc) ¹	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	PROMEDIO (%)
GERMINACION NORMAL	2	40.0	28.0	29.0	14.0	28.0
	4	52.8 a ²	42.5 b	38.6 b	17.4 c	37.8
	8	52.7 a	43.7 b	39.3 b	19.6 c	38.8
	10	59.7 a	44.3 b	39.0 b	19.7 c	40.6
	14	46.0 a	43.5 a	34.3 b	11.6 c	33.8
GERMINACION ANORMAL	2	9.0	10.0	13.0	32.0	16.0
	4	19.7 b	7.4 d	12.7 c	35.0 a	18.7
	8	22.1 b	11.2 c	16.6 b	40.3 a	22.5
	10	20.0 b	11.1 c	18.2 b	38.6 a	21.9
	14	30.4 b	12.8 c	26.1 b	39.4 a	27.1
SEMILLA FRESCA	2	32.0	21.0	25.0	20.0	24.0
	4	7.2 c	14.8 b	15.2 a	10.2 b	11.8
	8	4.3 b	13.7 a	11.1 ab	2.7 c	7.9
	10	1.2 bc	5.9 ab	8.9 a	2.4 bc	4.6
	14	0.5 b	3.8 a	3.1 a	2.6 b	2.5
SEMILLA MUERTA	2	19.0	40.0	34.0	34.0	32.0
	4	20.3 b	35.3 a	33.9 b	37.3 ab	33.1
	8	20.2 b	29.9 a	32.2 a	37.1 a	31.1
	10	19.0 b	38.4 a	33.8 a	39.1 a	32.6
	14	22.8 b	36.6 a	34.0 a	46.0 a	34.5

Meses poscosecha

Letras distintas en la misma fila son diferentes al nivel de P<0.05% según la prueba de Duncan

Igualmente, los lotes de semilla solo inician su deterioro con respecto a esta variable a partir de 10 mpc.

Germinación anormal. El análisis de varianza para la variable germinación anormal en las cuatro épocas de evaluación se presenta en la Cuadro 5.

Se presentaron diferencias significativas en la germinación anormal entre los lotes de semillas. Estas diferencias fueron consistentes a través de las cuatro épocas de evaluación y estuvieron directamente relacionadas con las diferencias detectadas en la caracterización inicial (Cuadro 1). En términos ge-

Cuadro 5. Resumen de los análisis de varianza en cada época de evaluación para la variable de respuesta germinación anormal

FUENTES DE VARIACIÓN	gl	4 MESES	8 MESES	10 MESES	14 MESES
Lote	3	**	**	**	**
Ambiente	2				**
Lote x Ambiente	6	**			**
Pretratamiento Calor	1				*
Lote x Calor	3	**			
Ambiente x Calor	2				
Lote x Amb x Calor	6				
Error	72				
Total	95				

** = Diferencias altamente significativas

* = Diferencias significativas

nerales, el lote 4 presentó los valores más altos de germinación anormal en todas las épocas y fue significativamente superior a los otros tres lotes. Los lotes 1 y 3 no presentaron diferencias significativas entre si pero fueron significativamente superiores al lote 2.

A partir de 2 MPC y hasta los 4 MPC, los valores de germinación anormal prácticamente no presentaron variaciones (Cuadro 4). Hasta los 8 MPC los incrementos se suspendieron y solo a partir de los 14 MPC se notó un incremento con excepción del lote 4. Estos resultados son consistentes a los obtenidos en ensayos exploratorios realizados en el Programa de Forrajes del CIAT, aunque con niveles mucho más bajos (5-6%) de anomalidad. Este resultado puede ser explicado por las condiciones de campo, especialmente el método de cosecha y el manejo durante las etapas de beneficio y secado. En los primeros meses no se expresa debido a que los lotes presentan todavía semilla no germinada, pero a los 4 - 6 meses cuando esta situación se reduce, la anomalidad se expresa como lo muestran los incrementos presentados en este ensayo a los 4 MPC. Los altos niveles de anomalidad podrían también estar asociados con una sobrestimación durante la prueba causada por una calificación demasiado exigente que castigó plántulas que son realmente normales.

Semilla Fresca. El análisis de varianza para esta variable en las épocas evaluadas presentaron diferencias significativas entre los lotes de semilla. Estas diferencias fueron consistentes a través de las cuatro épocas de evaluación.

Los lotes 2 y 3 presentaron la tasa más baja de reducción de semilla fresca a través del tiempo, 10 MPC aún presentaban valores de más del 7%; los lotes 1 y 4 a 8 MPC solo presentaron niveles de 1.2% y 3.4% respectivamente (Cuadro 4). Este resultado contrasta con resultados obtenidos en un ensayo preliminar con 6 lotes de semilla de Bolivia (datos no publicados) almacenados en un cuarto con ambiente controlado similar al ambiente 2 utilizado en este estudio, donde aún a 10 MPC se presentaron niveles de frescas del 30%. En Australia personal del DPI-Standard Branch, realizó estudios para reducir "altos niveles de latencia" (Cook & Loch, 1993).

La diferencia entre lotes puede ser debida a distintos grados de heterogeneidad dentro de los mismos lotes de semilla causados por los procesos de formación de la semilla y la forma como ésta se acumula en el suelo hasta la época de madurez para la cosecha. A partir de cuatro semanas de establecida una planta de Maní forrajero inicia su floración; por lo tanto, a partir de ese momento se inicia una creciente tasa de acumulación de semillas que depende de la velocidad de propagación

(nuevos estolones y sus nudos reproductivos) por lo que al final, al momento de la cosecha se presenta una amplia gama de variación en la calidad fisiológica de la semilla por cada lote en particular. Por otro lado, las semillas producidas en Colombia parecen tener contenidos más bajos de semillas fresca en comparación con los obtenidos en regiones subtropicales como Bolivia y Australia, donde por razones climáticas las semillas se forman en un tiempo más corto, lo que permite una mayor uniformidad y se cosecha en ambiente fresco por razones de latitud, en contraste con la formación de semilla durante todo el año en el medio tropical y cosecha de la semilla en la época más seca y caliente. Experiencias en las regiones de producción indican que durante la época de cosecha no se debe eliminar la cobertura del cultivo más de lo que se puede cosechar en el día, de lo contrario, en toda el área que quede descubierta se disparan los mecanismos de germinación. Es muy posible entonces, que el componente semilla fresca sea inducido durante la fase de secado de la semilla.

Semilla muerta. El análisis de varianza para la variable semilla muerta en las cuatro épocas de evaluación mostró diferencias significativas entre los lotes de semilla. Estas diferencias fueron consistentes a través de las cuatro épocas de evaluación.

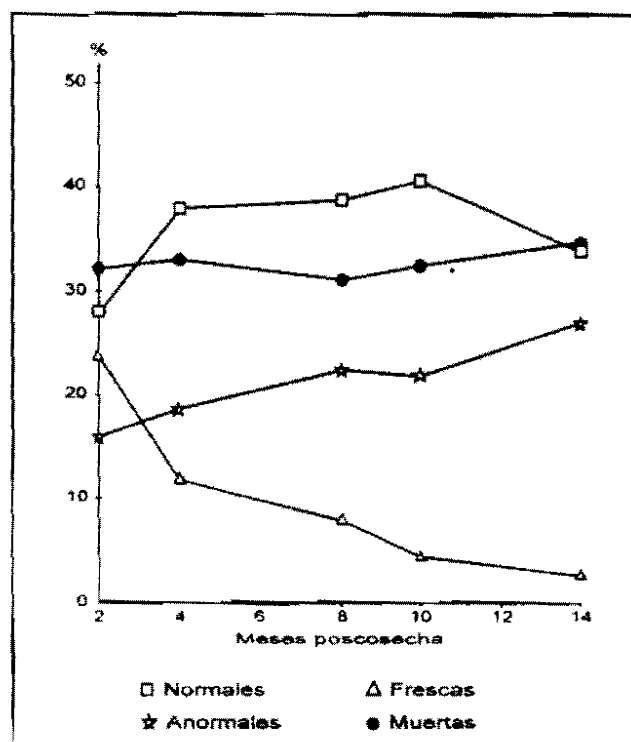


Figura 1. Dinámica de la calidad fisiológica como promedio de los 4 lotes y los 3 ambientes

Los lotes 2, 3 y 4 no presentaron diferencias significativas entre sí (promedio 32%) y fueron significativamente superiores al lote 1 (promedio 21%) Cuadro 4. Es importante destacar los altos niveles de semilla muerta encontrados aún en el lote 1. Las experiencias con lotes de semilla bolivianos con cosecha completamente manual han mostrado valores entre 5 y 15%. En lotes colombianos con cosechas parcialmente mecanizadas, Ferguson et al (1992) reportan con base en los datos de viabilidad valores de semilla muerta 1 MPC entre 6 y 30% como promedio de 5 localidades. Es un componente muy variable entre lotes y regiones de producción pero estable a través del tiempo. Este resultado permite establecer el alto grado de resistencia al deterioro de la semilla del Maní forrajero, contrariamente a lo que se podría esperar de una semilla con altos contenidos de aceite. El componente de semilla muerta estuvo representado principalmente por semillas completamente degradadas por agentes patógenos, especialmente hongos saprófitos del tipo de *Fusarium spp.* Una fracción muy baja estuvo representada por semillas intactas no viables.

En términos generales, la cosecha parcialmente mecanizada induce ruptura de vainas y si se tiene en cuenta que la semilla es lavada, dicha labor puede constituirse en otro factor importante de deterioro y

muerte ya que se transportan microorganismos que aunque inicialmente bajen su actividad por efectos del secado, posteriormente pueden reactivarse bajo las condiciones de alta humedad relativa y temperatura durante la prueba de germinación.

Con base en el análisis que se ha hecho de cada componente, se puede lograr un análisis global de los lotes a través del tiempo. Un resumen del comportamiento de los componentes como promedio de los cuatro lotes y de los tres ambientes a través del tiempo de evaluación se presenta en la Figura 1. La variable germinación normal logró un incremento importante a partir de 4 MPC y continúa su incremento a una tasa muy baja hasta los 10 MPC.

A partir de este momento se inició un descenso que se explica por la senescencia de las semillas, comportamiento que coincide con lo establecido por Ferguson (1994). Estos resultados pueden indicar que la semilla necesita de un período de post-maduración que acompañe a la madurez fisiológica.

La variable germinación anormal presentó un crecimiento continuo pero muy lento; si se tiene en cuenta que para el mismo período la curva de semilla muerta se mantiene mas o menos constante, se puede afirmar que los aumentos en plántulas anormales provienen de

un deterioro progresivo del componente de semillas que están generando plántulas normales. Es interesante el comportamiento de la curva de semilla fresca la cual a los 2 MPC presentó niveles importantes, pero para el caso de los lotes evaluados presenta un descenso fuerte a 4 MPC, prácticamente desapareciendo a partir de 8 MPC. Estos datos coinciden con los datos de latencia reportados por Cook & Loch(1993) y Ferguson (1994), solo que parece ser muy específica de cada lote en particular variando desde 4 meses (en el presente estudio) hasta 10 meses (Ferguson, 1994).

Cuadro 6. Resumen a través del tiempo de la variable contenido de humedad de la semilla % en cada uno de los Factores evaluados (lotes de semilla, ambientes y pretratamiento térmico)

FACTOR	CODIGO	4 MPC ¹	8 MPC	14 MPC	PROMEDIO
Lote de semilla:					
Miranda	1	4.9 b ²	5.1 b	5.4 a	5.1
Chinchiná	2	5.3 a	5.4 a	5.5 a	5.4
Candelaria	3	4.6 c	5.3 ab	5.0 b	4.9
Manizales	4	4.8 bc	5.4 a	5.0 b	5.0
Ambiente:					
Ambiente natural	1	5.4 a	5.4 a	5.3 a	5.3
10-15°C y 50-55% HR	2	4.8 b	5.2 a	5.1 a	5.0
-20°C y < 10% HR	3	4.8 b	5.3 a	5.2 a	5.1
Pretratamiento térmico:					
Sin calor	1	5.6 a	6.1 a	6.2 a	6.0
40°C x 12 días	2	4.2 b	4.5 b	4.2 b	4.3

¹ meses poscosecha.

² En la misma columna, para cada factor, letras distintas indican diferencias significativas al nivel de P < 0.05 según la prueba de Duncan.

Contenido de humedad de la semilla. Los resultados obtenidos con la variable contenido de humedad de la semilla se presentan en el Cuadro 6.

Se presentaron diferencias significativas entre los lotes de semilla, como efecto del secado natural (proceso no estandarizado). El promedio para los cuatro lotes de semilla fue de 5.1%. El incremento de humedad de la semilla a través del tiempo fue muy lento, resultado causado por el tipo de empaque que impidió un intercambio con el ambiente.

Viabilidad de la semilla. Estimada a través de la prueba de tetrazolio. En el Cuadro 7 se presenta un resumen de los datos obtenidos. Se presentaron diferencias altamente significativas entre los lotes de semilla evaluados, reflejando nuevamente la condición inicial de los lotes de semilla.

El lote 1 presentó el valor más alto de viabilidad (72%) y fue significativamente superior a los otros tres lotes al cabo de 14 meses de almacenamiento. La pérdida de viabilidad en este período de tiempo fue de 23%. Este mismo comportamiento lo presentaron los lotes 2 y 3. El lote 4 fue el que presentó el valor más bajo de viabilidad, 38% lo cual representó una caída de 47% con respecto a la viabilidad inicial, reflejando nuevamente la menor calidad fisiológica de los cuatro lotes de semilla evaluados. Aunque solo fue estimado en una sola época (14 MPC) fue evidente la pérdida de viabilidad en el ambiente de almacenamiento natural con respecto al promedio de los otros dos ambientes, 46% y 65% respectivamente. Igualmente en esta época el tratamiento térmico resultó negativo.

La viabilidad en tetrazolio per se, en lotes recién cosechados no resulta suficiente para valorar la calidad de la semilla entre distintos lotes puesto que las diferencias en semilla fresca pueden enmascarar la distribución de los componentes normal y anormal. Por tal motivo resulta conveniente estimar la viabilidad a partir de los resultados obtenidos con la prueba de germinación y plantear mediciones alternativas de la viabilidad

de la semilla tales como viabilidad total-1 (medida como la germinación normal + las semillas frescas) y viabilidad total-2 (medida como la germinación normal + germinación anormal + semilla frescas) y de esta manera detectar la diferencia entre lotes de semilla. En el Cuadro 8 se presenta una comparación entre las tres mediciones de viabilidad logradas en las épocas inicial y final del ensayo.

Al inicio del ensayo cuando la semilla está joven, la viabilidad en tetrazolio sobrestima el valor real de los lotes de semilla, por otro lado, al final del ensayo con semilla envejecida, tiende a subestimarla. Estos resultados indican la necesidad de investigar más sobre la interpretación topográfica de la prueba de tetrazolio, pues con las experiencias actuales, todavía no es posible determinar el nivel de anormales de los distintos lotes de semilla.

Cuadro 7. Comparación parcial de los valores de viabilidad en tetrazolio obtenidos al inicio (2 meses poscosecha) y al final del ensayo (14 meses poscosecha)

FACTOR	CODIGO	Vtz (2 MPC) (%)	Vtz (14 MPC) (%)	DIFERENCIA
Lote de semilla				
Miranda	1	96	72 a ²	23
Chinchiná	2	81	60 c	21
Candelaria	3	88	65 b	23
Manizales	4	85	38 d	47
Ambiente				
Ambiente natural	1	-	46 b	-
10-15°C y 50-55% HR	2	-	66 a	-
-20°C y < 10% HR	3	-	64 a	-
Pretratamiento térmico				
Sin calor	1	-	65 a	-
40°C x 12 días	2	-	53 b	-

¹ Meses poscosecha

² En la misma columna, para cada factor letras distintas indican diferencias significativas al nivel de P<0.05 según la prueba de Duncan

Efecto de los ambientes de almacenamiento

Los resúmenes de los análisis de varianza que se muestran en la Cuadro 4, indican que la variable germinación normal a 2 MPC no fue afectada por los ambientes de almacenamiento, sin embargo a partir de 4 MPC se empezaron a detectar diferencias significativas. Igualmente se presentó diferencias significativas en la interacción Lote x Ambiente, dichas diferencias fueron altamente significativas al inicio y al final del ensayo Cuadro 9.

Cuadro 8. Comparación al inicio y final del estudio de los valores obtenidos de viabilidad en tetrazolio con los valores de viabilidad total -1 y -2 generados a partir de la prueba de germinación, para los cuatro lotes de semilla.

LOTE	EVALUACIÓN INICIAL 2 MPC			EVALUACIÓN FINAL 14 MPC		
	%Vtz	%Vtot-1	%Vtot-2	%Vtz	%Vtot-1	%Vtot-2
1	96	72	81	73	43	75
2	81	50	60	60	48	68
3	88	53	66	65	41	71
4	85	30	62	38	19	57

Vtot-1 = Germinación + semillas frescas.

Vtot-2 = Germinación normal + germinación anormal + semillas frescas.

Los efectos del ambiente estuvieron asociados principalmente con el ambiente 1 (natural) de almacenamiento. Como era de esperarse, las semillas almacenadas en ambientes con menos temperatura y humedad relativa se conservaron mejor, sin embargo, es notable que el ambiente 1 aún a 10 MPC presentó valores comparables con los otros dos ambientes. Este resultado es muy interesante, puesto que para las semillas a nivel comercial tiene un gran valor práctico. Según los resultados, un secado natural que reduzca el contenido de humedad de la semilla a niveles de 5.5 a 6.5% y un empaque que no permita el intercambio gaseoso y de humedad con el medio ambiente externo son suficientes para lograr mantener una aceptable calidad de la semilla hasta por 10 MPC.

El ambiente 3 (-20°C) fue el único que logró conservar un poder germinativo con plántulas normales pero solo con el lote 1 que fue el que presentó la mejor calidad. El lote 4, que presentó la más baja calidad fue afectado negativamente por este ambiente y solo alcanzó 9.5% en comparación con 10.2% en el almacenamiento en ambiente natural a 14 MPC.

La variable germinación anormal no fue afectada por los ambientes con excepción de la época 14 MPC (Cuadro 5), igualmente se encontró que la interacción Lote x Ambiente solo fue altamente

significativa a 4 y 14 MPC respectivamente, esta situación responde a dos situaciones contrastantes. Al inicio cuando aún hay efecto de semilla fresca, se presenta una interacción con los ambientes puesto que el ambiente 1 favorece una disminución de éste componente que permite expresar el componente de plántulas anormales, mientras que los otros dos ambientes favorecen una conservación del componente de semilla fresca en los lotes. El comportamiento de la interacción al final del ensayo indica que cada lote dependiendo de su calidad fisiológica va a ser afectado por los distintos ambientes. El componente semilla fresca es posiblemente el

más afectado por los ambientes. En el Cuadro 4, se puede observar que el efecto fue altamente significativo en las tres primeras evaluaciones y significativo en la última. Este comportamiento nuevamente está asociado con los niveles particulares en cada lote de semilla. Niveles iniciales de semilla fresca, se conservan y/o disminuyen muy lentamente en los ambientes 2 y 3, mientras que en el ambiente 1 se reducen rápidamente.

Cuadro 9. Dinámica del componente germinación normal de la prueba de germinación por cada lote en cada almacenamiento

AMBIENTE	EPOCA (MPC) ¹	Lote 1 %	Lote 2 %	Lote 3 %	Lote 4 %	Promedio %
Natural 25 - 30 °C 60 - 75% HR	2 ²	40	28	29	14	28
	4	49.8	50.5	48.3	14.0	40.6
	8	48.8	56.0	45.5	17.3	41.9
	10	56.1	41.2	39.0	18.5	38.7
	14	23.2	37.7	30.5	10.2	25.4
Controlado 10 - 15 °C 50 - 55% HR	2	40	28	29	14	28
	4	52.5	37.2	25.8	18.8	33.5
	8	51.3	36.8	36.0	25.7	37.4
	10	62.5	41.7	39.7	18.8	40.6
	14	48.3	48.2	36.0	15.2	36.9
Controlado - 20 °C	2	40	28	29	14	28
	4	56.3	40.0	42.0	19.5	39.4
	8	58.0	38.5	36.5	15.8	37.2
	10	60.5	50.2	38.2	22.0	42.7
	14	66.5	44.7	36.5	9.5	39.3

¹ Meses poscosecha.

² Común para los tres ambientes (calidad inicial).

El componente semilla muerta no presentó diferencias significativas en las dos primeras épocas de evaluación causadas por los ambientes de almacenamiento. Sin embargo a partir de esta época se presentaron diferencias significativas (Cuadro 4). Los Resultados obtenidos indican que el componente de semilla muerta de los lotes se mantiene estable por lo menos durante los primeros 8 MPC, independientemente del ambiente de almacenamiento (Figura 1). Solo a partir de este momento se presenta un efecto del ambiente principalmente en las semillas almacenadas en el ambiente 1. Estos resultados concuerdan con los citados por Ferguson (1994).

Es importante destacar que los lotes presentaron altos niveles de semilla muerta, pero que estos valores venían desde el campo de producción, en otras palabras no fue inducida por los ambientes de almacenamiento. Por lo tanto, es necesario identificar las razones que están causando este problema a nivel de campo. Entre ellas se puede incluir, el daño físico por el manipuleo durante la cosecha, el beneficio, el lavado (pos-secado) y el secado final. Experiencias previas han indicado que con lotes de semilla bolivianos los niveles de semilla muerta son menores, 5-15% y permanecen estables por más de 10 MPC; estas semillas son cosechadas con el método completamente manual y la semilla recuperada del campo es lavada inmediatamente y luego es secada. En contraste, la semilla de los lotes evaluados fueron obtenidas mediante el método parcialmente mecanizado que incluyen un pase de rotabator para desagregar el suelo de la semilla.

Efecto del pretratamiento térmico

Con el pretratamiento térmico se buscaba medir el efecto en el componente de semilla fresca. Se encontraron diferencias significativas entre los pretratamientos 1 (sin calor) y 2 (40°C x 12 días). Se presentaron diferencias significativas en la interacción Lote x Calor

para las épocas 4 y 8 MPC. Igualmente se presentaron diferencias significativas para la interacción Ambiente x Calor a 4, 8 y 10 MPC (Cuadro 10).

El efecto del pretratamiento térmico se nota marcadamente a 4 MPC y fue similar para los cuatro lotes evaluados. Como promedio de los cuatro lotes, el

Cuadro 10. Dinámica del componente semilla fresca de la prueba de germinación por cada lote en cada pretratamiento térmico

AMBIENTE ¹	EPOCA (MPC) ²	Lote 1 %	Lote 2 %	Lote 3 %	Lote 4 %	Promedio %
	2 ³	32.0	21.0	25.0	20.0	24.0
1	4	8.1	15.0	19.8	6.0	12.3
1	8	8.2	17.8	12.8	1.3	10.0
1	10	2.0	7.1	11.0	4.6	6.1
1	14	0.6	5.1	4.6	2.5	3.2
	2	-	-	-	-	-
2	4	2.3	11.1	10.5	14.0	9.4
2	8	0.5	13.6	6.0	1.8	5.4
2	10	0.5	7.5	6.8	2.5	4.3
2	14	0.3	2.5	1.6	3.0	1.8

¹ 1 = Sin calor, 2 = 40°C x 12 días.
² Meses poscosecha.
³ Calidad inicial

efecto del calor redujo el contenido de semilla fresca de 12.3 a 9.4%, 10 a 5.4%, 6.1 a 4.3% y 3.2 a 1.8% en las cuatro épocas evaluadas. Por lo tanto es posible confirmar la disminución parcial del componente de semilla fresca con el pretratamiento utilizado (Cook & Loch, 1993). Por otro lado la interacción Lote x Calor permite decir que el efecto del calor solo fue significativo para las dos primeras épocas (hasta 8 MPC) a partir de la cual, se pierde el efecto. El almacenamiento en el ambiente 1 (natural) presentó los efectos más bajos en comparación con los efectos encontrados en las semillas almacenadas en ambientes controlados. Respecto del contenido de humedad de la semilla, el pretratamiento térmico la redujo significativamente (4.3% en promedio) en comparación con el testigo (6%) como puede observarse en el Cuadro 6. Este resultado es de esperarse si se considera el efecto del calor sobre la evaporación. Lo importante es ver el efecto sobre la cantidad de semilla fresca y concretamente sobre la germinación.

BIBLIOGRAFIA

- ARGEL, P.J. & VALERIO, A. 1983. Effect of crop age on seed yield of *Arachis pintoi* at two sites in Costa Rica, Central America. In: Int. Grassl. Congr. Palmeston North, New Zealand. Proc.
- ARGEL, P. J. 1984. Regional experience with forage *Arachis* in Central America and Mexico. In: Biology and Agronomy of *Arachis* Peter C. Kerridge, Bill Hardy (eds). Cali : CIAT, 1994. 209 p. (Publication, no. 240).
- COOK, B.G. & FRANKLIN, T.G. 1988. Crop management and seed harvesting of *Arachis pintoi* Krap et Greg. nom. nud. J. Appl. Seed Prod. Vol 6, 26-30.
- COOK, B.G. & LOCH, D.S. 1983. Commercialitation of *Arachis pintoi* cv Amarillo in Northern Australia. In: Int. Grassl. Congr. 17 Palmeston North, New Zealand. Proc.
- DE LA CRUZ, SUAREZ. S. & FERGUSON J. E. 1994. The contribution of *Arachis pintoi* as a Ground Cover in Some Farming Systems of Tropical America. In: Biology and Agronomy of *Arachis* /edited by Peter C. Kerridge, Bill Hardy. Cali : CIAT, 1994. 209 p. (Publication, no. 240)
- DOMINGUEZ, J.A. y DE LA CRUZ, R. 1990. Competencia nutricional de *Arachis pintoi* como cultivo de cobertura durante el establecimiento de Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Manejo integrado de Plagas (Costa Rica) 18:1-7
- DWYER G T., O' HARE P J. and COOK B G. 1989. *Pintoi's* peanut: a ground cover for orchards. Queens. Agric. J. May - June 1989 p 153-4
- FERGUSON J. E., CARDOZO C. I. y SANCHEZ M. S. 1992. Avances y Perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. Pasturas Tropicales, 14(2):14-22
- FERGUSON, J.E. 1994. Seed Biology and Seed Systems for *Arachis pintoi*. In: Biology and Agronomy of *Arachis* /edited by Peter C. Kerridge, Bill Hardy. Cali : CIAT, 1994. 209 p (Publication, no. 240)
- GROF, B. 1984. *Arachis pintoi*. Una leguminosa forrajera promissoria para los Llanos Orientales de Colombia. Cali: CIAT, 2 p
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASOCIATION (1985). International Rules for Seed Testing. Rules 1985. Seed Sci. Technol. 13, 299-355
- LASCANO, C.E. 1994. Nutritive Value and Animal Production of Forage *Arachis*. In: Biology and Agronomy of *Arachis* /edited by Peter C. Kerridge, Bill Hardy. Cali : CIAT, 1994. 209 p (Publication, no. 240)
- LASCANO, C. and THOMAS, D. 1988. Forage quality and animal selection of *Arachis pintoi* in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. Grass and Forage Sci. 43: 433-39 p.
- LITTLE, T.M. y Mills F. J. 1984. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. A. De Paula Cresco (trad). México. Trillas. 270 p