

CIAT (Colombia)
000113

Documento de Trabajo
No.110



**La Dinámica de la Humedad de la Semilla
y sus Implicaciones
en la Producción de Semillas**



LA DINAMICA DE LA HUMEDAD DE LA SEMILLA Y SUS IMPLICACIONES EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS



Adriel E. Garay*
Roberto Aguirre
Guillermo Giraldo

INTRODUCCION

El contenido de humedad de la semilla es una de las características que tiene implicación profunda en aspectos claves de la producción de semillas. Se ha demostrado una relación estrecha entre la humedad y la madurez; época óptima de cosecha; longevidad en almacenamiento; economía en secamiento; daños derivados del calor, heladas, fumigación, insectos y patógenos; daños mecánicos; y peso de la semilla (Grabe). Debido a que la humedad influye en tantos factores, su entendimiento y monitoreo es importante en todos los procesos de la producción de la semilla.

El entendimiento de la dinámica de la humedad es aún más crítica en las regiones agroclimáticas de pluviosidad, humedad relativa y temperaturas altas encontradas en regiones tropicales y subtropicales. En estas situaciones ambientales, la humedad se constituye en un factor determinante en la producción, permitiendo o bloqueando la cosecha; obligando el secamiento; ocasionando calentamiento y pudrición de la semilla; promoviendo el deterioro fisiológico, y facilitando la incidencia de enfermedades saprofitas entre otros.

* Especialista en Semillas, Investigador Asociado, y Especialista en Semillas, Unidad de Semillas, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

10515

18 JUN. 1993



El nivel de humedad también condiciona la semilla a resistir o sufrir daños ocasionados por los impactos físicos durante la trilla, acondicionamiento, etc. Es decir, la humedad de la semilla define las metodologías a seguir para producir la semilla y por ende, los costos del producto final. Por consiguiente, se presenta este breve análisis del problema de humedad con énfasis en la fase de maduración, cosecha, secamiento y almacenamiento con el objetivo de desarrollar mayor entendimiento sobre este factor e inducir al lector a buscar esquemas técnicos y metodológicos preventivos en el control de la humedad.

LA HUMEDAD DE LA SEMILLA, SU NATURALEZA

La humedad de la semilla varía dependiendo del ambiente que lo rodea. La naturaleza de dicha humedad y los procesos biológicos que ella ocasiona cambia en función a su nivel o concentración dentro de la semilla. A continuación se presenta brevemente este fenómeno.

Existe una alta avidez por la humedad, cuando el contenido de humedad de la semilla está muy bajo, en condiciones de humedad relativa inferior al 20% (Figura 1). Esta avidez en cambio es muy baja entre 20 y 60% de humedad relativa. La avidez nuevamente es muy alta cuando la humedad relativa es mayor del 60%, es decir cuando la semilla contiene humedades mayores de 14%.

El agua en la región 1, funciona como enlace químico y no tiene movilidad. Se piensa que en estos niveles el deterioro se produce por auto-oxidaciones o reacciones no enzimáticas. El agua en la región 2, comienza a tener propiedad de solvente. A estos niveles la difusión ya es evidente. Se especula que los procesos oxidativos en la semilla a estos niveles de humedad pueden ser enzimáticos. A estos niveles la respiración mitocondrial aumenta, la energía acumulada en forma de trifosfoadenilatos (ATP), se consumen pero no se sintetizan.

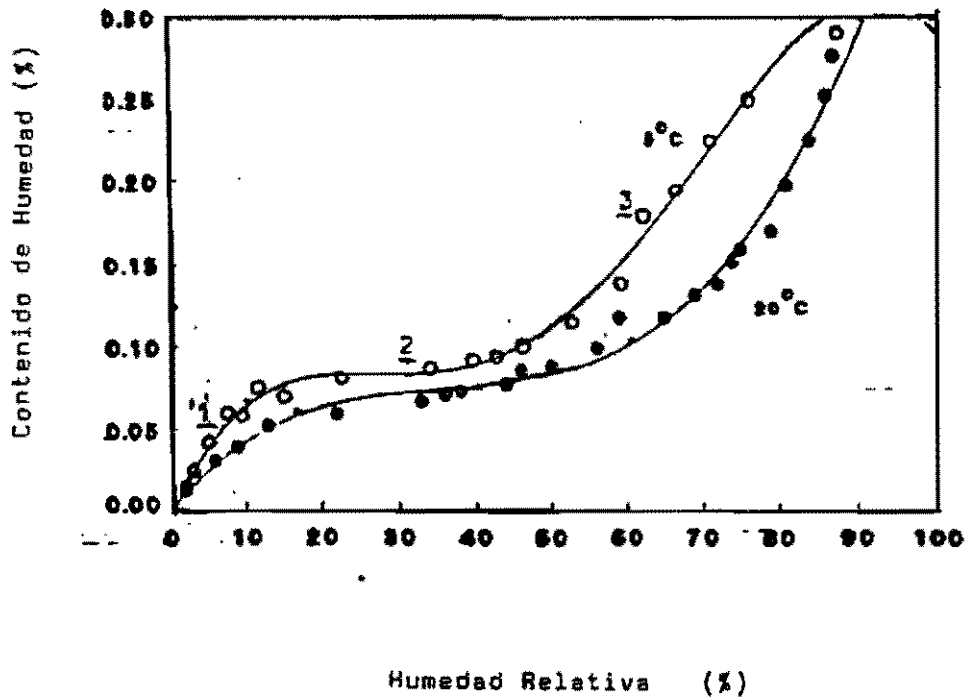


Figura 1. Isotherma de Absorción de Humedad de Soya (molido grueso) a 5 y 20 C, mostrando la Curva Sigmoidal Típica de las Semillas. (Leopold y Vertucci).

En la región III, el agua tiene propiedades similares al agua líquida, y las macromoléculas muestran agua libre sobre sus superficies. A estos niveles de humedad, la semilla muestra todos los procesos metabólicos, respiración, producción de adenilatos, desdoblamiento de substratos de reserva, etc. A estos niveles el deterioro ocurre por la respiración; ataque microbial, calentamiento, desdoblamiento de los substratos de reserva, etc. Cuando la temperatura es más alta, estos procesos de deterioro se aceleran. En conclusión, las reacciones fisiológicas de la semilla se incrementan cuantitativamente en la medida que la humedad de la semilla es mayor. Por tanto, desde el momento a que la semilla ha llegado a su desarrollo total en el campo, la humedad es una amenaza constante a la calidad y longevidad de la semilla.

LA HUMEDAD Y LA MADURACION DE LA SEMILLA

Botánicamente la semilla es un óvulo fecundado y maduro. Al inicio del proceso de formación de la semilla, el óvulo está compuesto principalmente de agua. En la fase de desarrollo y maduración, en la semilla se depositan sustancias orgánicas e inorgánicas provenientes de las fuentes de síntesis. Productos complejos como almidones, amilopectinas, cuerpos protéicos, cuerpos grasos, etc. se acumulan dentro de la semilla, para luego constituir las reservas de la semilla. El proceso de desarrollo culmina cuando la semilla llega a su estado de madurez fisiológica. Hasta esta fase del desarrollo, el agua significa vida porque es el solvente y medio donde se llevan a cabo todos los procesos fisiológicos dentro de la semilla. En el momento de la madurez fisiológica cuando la semilla alcanza su máximo contenido de materia seca, el proceso de translocación de sustancias solubles de la planta hacia la semilla prácticamente cesa. Durante la fase subsiguiente de deshidratación, cesa los procesos metabólicos de la semilla. Desde estos momentos en adelante, la humedad que antes significaba vida se constituye en un factor generalmente negativo como se verá más adelante.

Se conoce que la calidad de la semilla está en su cúspide en el punto de madurez fisiológica (MF). En la práctica es muy difícil capturar la calidad en dicho punto. La razón principal es que la semilla todavía contiene mucha humedad en dicho punto. Dependiendo de los cultivos y condiciones agroclimáticas donde se produce la semilla puede contener humedades entre 30 a 50% en la etapa de madurez fisiológica (Cuadro 1). Habiendo llegado a la madurez fisiológica (MF), biológicamente la semilla ha llegado a completar su desarrollo. A partir de este estado la semilla sólo requiere una mayor deshidratación para permitir los trabajos subsiguientes y estar en condiciones de ser almacenado. Sin embargo, a partir de la madurez fisiológica, la humedad de la semilla estará sujeta a las condiciones del ambiente.

El agua se mueve de los sitios de alta concentración a los sitios de menor concentración. Es así como el agua se mueve del ambiente a la semilla o de la semilla al ambiente. El flujo de agua es proporcional a la magnitud de la diferencia (gradiente), la permeabilidad de la testa y la capacidad de difundirse dentro de la semilla. Cuando el agua está altamente disponible en el medio debido a lluvias, condensaciones y humedades relativas altas, el agua es absorbida por la semilla. En presencia de daños en la testa o del pericarpo la semilla es más susceptible al efecto del ambiente.

La Figura 2, muestra los cambios de la humedad de la semilla de frijol en la fase de maduración. Las figuras muestran claramente dos regiones típicas. Una primera región caracterizada por una deshidratación rápida desde niveles por encima del 50 y 60%, hasta aproximadamente un 20%. Esto ocurre en un período sólo de 20 días aproximadamente, esta fase de deshidratación muestra independencia de los efectos ambientales. Contrastando con esta rápida deshidratación, la segunda región normalmente llamada etapa de madurez de campo, muestra claramente que la humedad depende directamente de la humedad ambiental. Se nota claramente que en el ambiente del Valle del Cauca donde existen humedades relativas superiores al 70% y con lluvias periódicas, la semilla no puede deshidratarse más. A pesar de que la semilla permaneció por 30 días adicionales en el campo, la semilla se

Cuadro 1. La Humedad en Estado de Ovulo Fecundado, Madurez Fisiológica y Madurez de Campo ^{1/}

| ETAPAS/MANEJO | ARROZ | FRIJOL | MAIZ | SORGO | SOYA | TRIGO |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| OVULO NO FECUNDADO | 80(4) | 80(4) | 80(4) | 80(4) | 80(4) | 80(4) |
| MADUREZ FISIOLÓGICA | 30-33(4); 25(1) 28-30(3) | 40-50(2) 30-40(1); 35(6) | 30-35(15); 30-35(4) | 30-35(4); 25-30(10) 40(1); 35-40 | 50(4) 10; 40-50(1) 45-50; 54-62(8) | 40(4); 40(1) |
| MADUREZ DE CAMPO | 18-33(2) | 15-28(2) | | | 12-25(2) | |

^{1/} Las referencias corresponden a la bibliografía consultada.

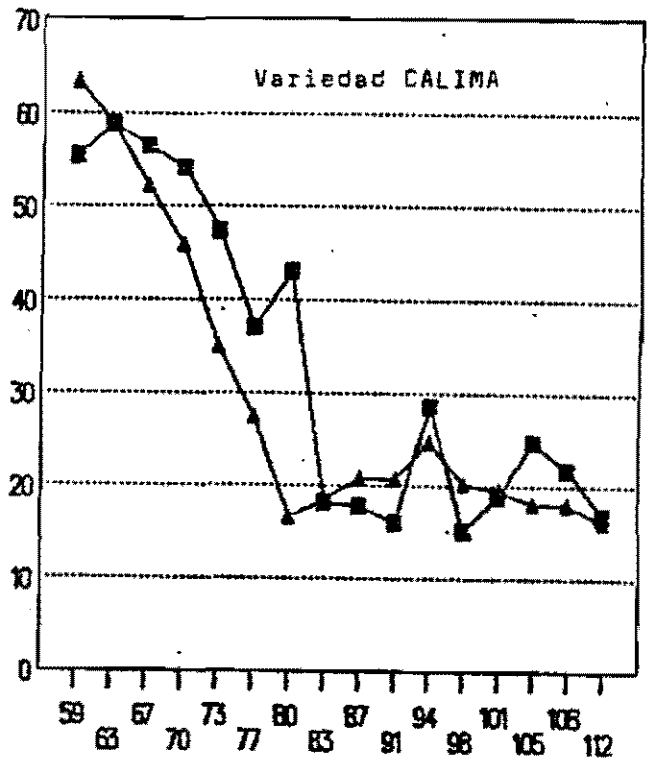
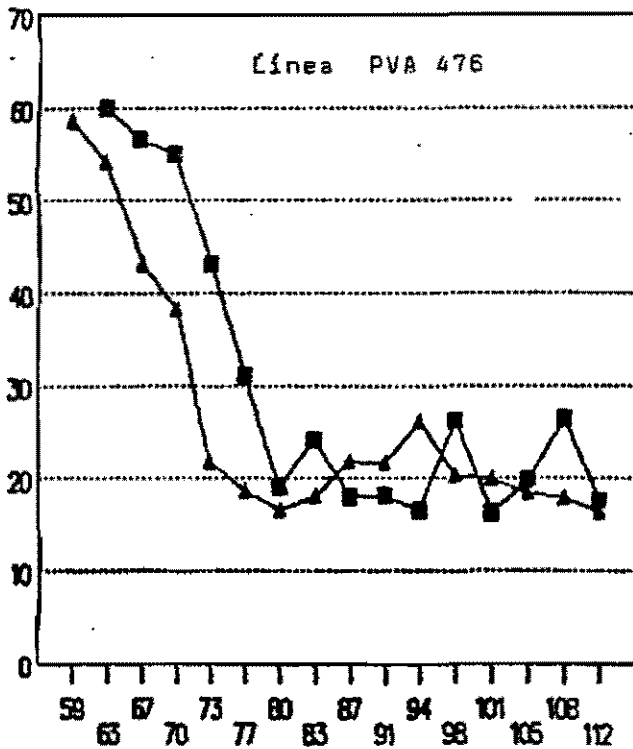
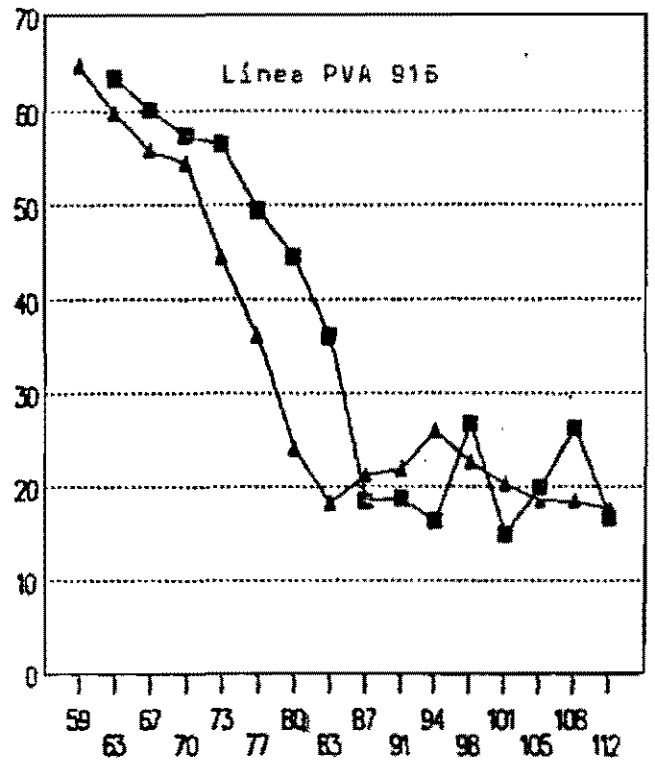
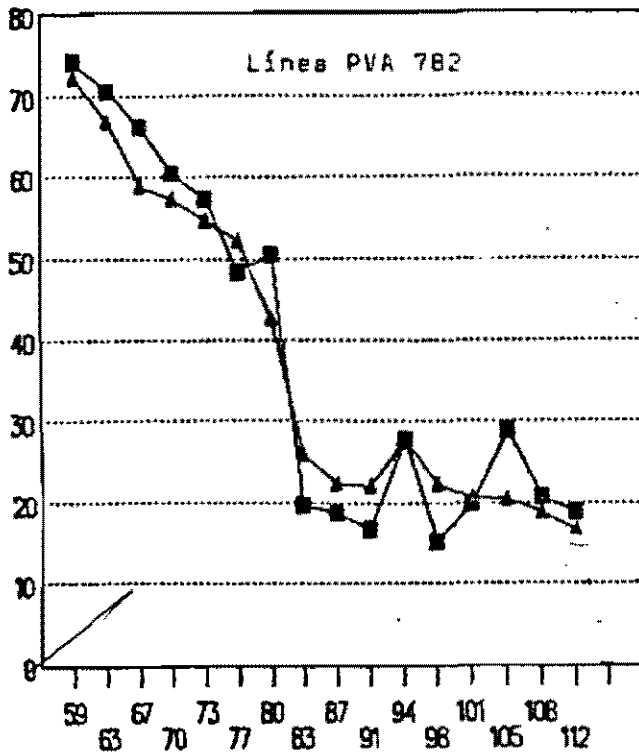


Figura 2. Fluctuaciones de la Humedad de la Semilla de Frijol en la Fase de Maduración, (maduración en Julio-Agosto; maduración en Octubre-Noviembre), en el Valle del Cauca, Colombia.

Fuente: Datos todavía no publicados de Guillermo Giraldo, Unidad de Semillas, CIAT, Colombia.

mantuvo con humedades altas. Durante dicho período, la semilla se hidrató y deshidrató repetidas veces. En los días de lluvia la humedad alcanzó picos por encima de 25%. Estos datos muestran claramente, que en esta fase, la humedad de la semilla depende del ambiente y no de la planta. Una consecuencia de este principio es que en condiciones húmedas, lluviosas, no es posible que la semilla se deshidrate lo suficiente en forma natural en el campo. En regiones secas, en cambio, la semilla si puede deshidratarse hasta niveles bajos y mantenerse en ese nivel. Estas diferencias hacen ciertas regiones y ciertas épocas del año más propicias que otras para la producción de semillas.

La situación de alto contenido de humedad en la madurez de campo es uno de los factores que inciden en el deterioro en campo. Cuando esta situación es acompañada por alta temperatura como es común en el trópico, se tienen condiciones ideales para el deterioro tanto fisiológico como fitosanitario. El deterioro de naturaleza fisiológica es causado por la alta actividad metabólica, alta respiración, degradación de membranas y estructuras celulares; debilitamiento de procesos fisiológicos. El deterioro fitosanitario ocurre por la incidencia de microorganismos e insectos. Bajo estas condiciones, cuanto mayor es el tiempo de demora de la semilla en el campo, tanto mayor son los daños a la calidad.

LA HUMEDAD Y LA COSECHA

La investigación ha establecido que la semilla que ya llegó a la madurez fisiológica pero que permanecen en el campo, están en realidad almacenados a la intemperie y sujetos al deterioro. La magnitud del deterioro será en proporción directa de la severidad del ambiente debido a lluviosidad, nivel de la humedad relativa ambiente, temperaturas y la longitud de tiempo de exposición a estas condiciones.

En líneas generales, la cosecha se puede agrupar en dos grandes sistemas: a. cosecha con trilla directa, y b. cosecha y trilla por etapas. Dependiendo de las condiciones agroclimáticas, los recursos disponibles, y la magnitud de la operación, una puede ser más apropiada que la otra. Veamos un breve análisis:

- a. Cosecha con trilla directa (combinada). Existen condiciones climáticas donde la trilla directa es posible realizar con las combinadas autopropulsadas. El Cuadro 2, presenta los niveles de humedad reportados para la cosecha bajo varias modalidades. En regiones que le permitan la trilla se realiza con humedades lo suficientemente bajas. Tales casos puede no haber necesidad de secamiento adicional. Dichas regiones constituyen recursos naturales valiosos que pueden ser capitalizados para la producción de semillas. En algunas regiones, la sequedad extrema del ambiente también puede causar la deshidratación extrema (menos de 12%). La demora en cosecha mecanizada en esta última, puede ser causa de daños mecánicos severos. Lo cual obliga también a la cosecha temprana antes de la deshidratación extrema. En líneas generales, en las regiones agroclimáticas que permiten la trilla directa no existen problemas muy complejos derivados de la humedad de la semilla.
- b. Cosecha y trilla por etapas. En situaciones donde el proceso de deshidratación en el campo es lento, se requieren algunas metodologías que permitan escapar del deterioro en campo. Un buen mecanismo de escape comúnmente empleado es la trilla a humedades altas (mayores de 18%) siempre y cuando el cultivo permita una trilla sin daños y pérdidas. Esta metodología implica un secado apropiado e inmediato. En situaciones donde la trilla directa no es conveniente, es común observar prácticas de corte previo en producción de semillas de cereales, pastos gramíneos, y leguminosas. Esta práctica acelera y uniformiza la deshidratación, evita la deshiscencia, etc. En algunas regiones donde existen heladas en la etapa de maduración, esta práctica es un excelente escape del daño de las heladas. Las heladas tienen menor efecto dañino a humedades menores del 14%. Este concepto se usa muy efectivamente en la producción de semillas y cebada para maltería en el Hemisferio Norte. En el caso del maíz, en situaciones de riesgo de heladas, es posible cosechar en mazorca sea mecánica o manualmente a humedades de 30-40% de humedad.

Cuadro 2. La Humedad en la Etapa de Cosecha ^{1/}

| ETAPAS/MANEJO | ARROZ | FRIJOL | MAIZ | SORGO | SOYA | TRIGO |
|--|----------------------|------------------|-------------------|------------|-----------------|-----------|
| H. PARA COSECHA Y TRILLA DIRECTA | 24-27(13); 18-25(10) | 20-25(10) | 25(10); 25-35(11) | 15(16); 18 | 15,15-18; 14(8) | 8-20(10); |
| COMBINADA | 18-20(5); 15-22(3) | 25(16);14-18(6) | | | | 10-14(9) |
| | | | | | | 18(5) |
| H. PARA ARRANCADO, DEFOLIACION, CORTE PREVIO | 28(5) | 50(16); 20-30(6) | 25(2); 25 | 30(2) | 20; 18-25(2) | |
| H. PARA TRILLA, DESGRANE MANUAL | | 12-18(6) | 14(2); 12-14(11) | | 18(2) | 16(9) |

^{1/} Las referencias corresponden a la bibliografía consultada.

Existen situaciones donde no es deseable hacer cortes para luego dejar las plantas en el campo. Esta situación se presenta en épocas lluviosas, suelos húmedos y enmalezados, que predominan en regiones tropicales. En tales circunstancias, se requieren metodologías más apropiadas para las situaciones específicas. Algunas de estas metodologías se mencionarán a continuación:

En el arroz, se acostumbra cosechar las panojas maduras para secar extendido al sol en los patios antes de la trilla; en el frijol, se acostumbra arrancar las plantas y secar en manojos o gavillas en el campo, en patio o bajo un techo; en el maíz se acostumbra a doblar la planta en el entrenudo inferior a la mazorca. Esta última práctica es muy común en la producción de semillas en Centro América y es muy efectiva en el aceleramiento y uniformización de la deshidratación de las mazorcas. En el sorgo también se acostumbra a cosechar las panojas maduras; en la soya se acostumbra arrancar de raíz y dejar gavillas para el secamiento. Naturalmente, estas prácticas son de alto uso de mano de obra, pero constituyen metodologías muy efectivas para acelerar el secamiento sobre todo cuando la producción es en pequeña escala. La ventaja de estas metodologías radica en que el corte/arrancado/dobla, se puede realizar cuando el campo haya pasado la etapa de madurez fisiológica y sin esperar la madurez absoluta. En muchas regiones tropicales la semilla en el campo se equilibra a humedades superiores al 20% y no llega a una madurez absoluta (10-14%). Las técnicas de aceleramiento de cosecha permiten capturar la calidad sanitaria y fisiológica de la semilla en su estado óptimo. Teóricamente esta práctica se podría realizar en el momento de la madurez fisiológica pero en la práctica se realiza con cierta posterioridad. La posterioridad puede ser días o semanas, dependiendo del clima imperante. Los ambientes húmedos, cálidos, lluviosos, obligan a un escape más rápido.

En cualquiera de los métodos de trilla, la humedad que la semilla contiene, además de permitir o impedir la eficiencia de la trilla, afecta la capacidad de la semilla de resistir al efecto de los impactos. La

forma y estructura de la semilla de la especie y de la variedad en particular, también son factores críticos que afectan su resistencia a los impactos físicos. Dependiendo de la metodología de producción, la semilla sufre impactos en la trilla y las distintas fases del flujo de secado, acondicionamiento y distribución.

Los Cuadros 3 y 4, muestran para el caso del frijol y soya, los niveles de daños sufridos por las semillas de función del contenido de humedad de la semilla. en el caso del frijol, se muestra claramente que tanto las semillas con testa fracturada y las semillas totalmente partidas aumentan a medida que la semilla es más seca que 16%. Este fenómeno es dramático en el caso del trillado mecanizado en comparación con los métodos de aporreo manual que causan daños irreversibles. Esto demuestra que la semilla de frijol es más frágil a medida que su humedad disminuye. Existen también daños físicos a humedades altas. Estos daños no son fácilmente perceptibles por lo que pasan por desapercibidos, pero su efecto negativo en la calidad es muy fuerte. Los daños a altas humedades se manifiestan en forma de "hematomas" principalmente internas. Esto implica, que haya un rango de humedad apropiado para trillar. Estos dependen del método de trilla; especie y variedad.

Las metodologías de aceleramiento del secado, además de facilitar la trilla anticipada y permitir escapar de problemas de campo permite disponer del campo para otros propósitos.

HUMEDAD, SECAMIENTO Y ALMACENAMIENTO

En la realidad existen dos etapas importantes en el secamiento: a. secamiento en el campo, y b. secamiento en el centro de acopio.

En climas secos, es posible que la semilla se seque hasta los niveles de humedad lo suficientemente bajas para almacenar, en el mismo campo. Sin embargo, en situaciones donde esto no ocurre, la trilla en la práctica debe realizarse tan pronto la semilla sea trillable. Luego se debe complementar con un secamiento adicional en los centros de acopio

Cuadro 3. Efecto del Contenido de Humedad de la Semilla del Frijol, en los Daños Físicos Ocasionados por Varios Métodos de Trilla.

| METODOS DE TRILLA | HUMEDAD EN PORCENTAJES | | |
|--|--|-----------|------------|
| | 16 | 14 | 13 |
| | Porcentaje de Semillas con Testa Fracturada y Totalmente Partidas, respectivamente | | |
| Trilladora Estacionaria de Cilindro Indentado a 270 rpm. | 18.5(1.7) | 38.0(7.2) | 54.0 (9.7) |
| Aporreo en Tarima Rejillada (manual) | 1.0(0.0) | 3.5(0.2) | 4.0 (0.0) |
| Aporreo en Rumas sobre el Suelo (manual) | 2.5(0.0) | 1.0(0.0) | 1.0(0.6) |

Datos obtenidos por el Ing. Armando Rivera, como Investigador Visitante en Producción de Semilla de Frijol, Unidad de Semillas, CIAT, Colombia. 1987.

Cuadro 4. Efecto del Impacto en el Porcentaje de Germinación de la Soya bajo distintos Niveles de Humedad.

| HUMEDAD % | ALTURA DE CAIDA EN PIES | | | |
|--------------|-------------------------|----|----|----|
| | 0 | 5 | 10 | 20 |
| 6 | 98 | 88 | 80 | 67 |
| 8 | 98 | 88 | 78 | 70 |
| 10 | 98 | 90 | 82 | 73 |
| 12 | 98 | 97 | 94 | 87 |
| 14 | 98 | 97 | 97 | 97 |
| 16 | 98 | 98 | 96 | 96 |
| 18 | 98 | 96 | 97 | 96 |

DELOUCHE, J.C.; ANDREWS, C.H. In tests Show How Injury Lowers Quality of Seed. Mississippi Farm Research. Vol 27, No. 8. 1964.

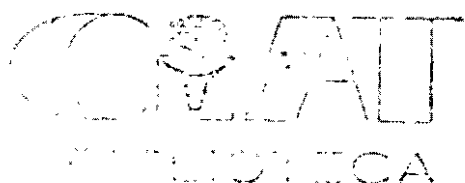
antes de proceder a almacenar. Existe una amplia gama de metodologías para el secamiento en esta modalidad las cuales son presentadas en profundidad en otros documentos y no serán tocados aquí.

Contrario a lo que muchos agrónomos están acostumbrados a pensar, biológicamente el almacenamiento se inicia en el momento en que la semilla ha llegado a su madurez fisiológica y termina cuando ha germinado en el campo. Por tanto, la semilla y los problemas derivados de la humedad necesitan ser visualizados con esta amplitud de concepto. Los almacenes costosos y sofisticados por consiguiente, serían de poca utilidad si la semilla ha sufrido daños en el campo. Los daños previos pueden ser causados por la humedad, impactos físicos, insectos, incidencia de microorganismos, etc. Estos en primer lugar disminuyen la calidad de la semilla y en segundo lugar lo condicionan a ser muy sensibles a las condiciones de manejo en poscosecha.

En las fases de poscosecha, existen dos situaciones típicas de almacenamiento: a. almacenamiento en preacondicionamiento y b. almacenamiento en posacondicionamiento. El primero puede ser en espera de secado, limpieza, etc. Este almacenamiento puede variar desde pocas horas hasta varios meses.

En esta fase es imprescindible conocer la humedad de la semilla. La semilla húmeda requerirá una atención inmediata, mientras que la semilla con menos de 13% y en algunos casos con menos de 14% se mantienen sin riesgos de deterioro.

La característica de la semilla de ser higroscópica, es decir, su propiedad de avidéz por la humedad, le permite absorber humedad del ambiente o perder humedad al ambiente. Por consiguiente, pueden haber cambios en su contenido de humedad aún después del secado y en el almacenamiento. El cuadro 3, muestra el contenido de la humedad que la semilla alcanzaría a ciertos niveles de humedad relativa. Es así como aún después de haberse secado correctamente en condiciones de alta humedad relativa puede volver a absorber humedad hasta niveles excesivos, lo que causaría deterioro. Por otro lado, en situaciones de



baja humedad relativa, la semilla se mantendrá con una humedad baja. Es importante recordar que las semillas con más del 14% de humedad tienen la capacidad de llevar a cabo muchas reacciones enzimáticas que conducen al deterioro fisiológico. La semilla con más de 14% respira más que con 12%. La respiración, $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 - \text{Calor} + 6H_2O + 6CO_2$, produce calor y agua libre. Esto a su vez conduce al calentamiento y a la proliferación de microorganismos. Debido a estos problemas, se han desarrollado una gama de tecnologías de secamiento y almacenamiento.

El secamiento puede variar desde simple secado al sol hasta secados con aire forzado con niveles predeterminados de humedad relativa. Los almacenamientos pueden variar desde almacenes de ambientes naturales hasta almacenes de ambientes climatizados y almacenes herméticos a humedades muy bajas. Los ambientes naturales frescos y secos como las encontradas en las partes altas andinas son condiciones naturales apropiadas para el almacenamiento natural. Por ejemplo, se ha encontrado que la semilla de trigo y cebada se mantiene con niveles de germinación del 80% o mayor en Chuquisaca y Potosí en Bolivia, después de 5 años de almacenamiento (6, resultados no publicados). Estas regiones se caracterizan por tener temperaturas y humedad relativa bajas.

En casos donde el ambiente es húmedo y cálido, por el contrario, se presentan dos situaciones típicas. Cuando la semilla de una campaña es para la siembra inmediata de la siguiente campaña, en condiciones de humedad relativa promedio 70-75%, la semilla puede almacenarse en almacenes de condiciones ambientales sin grandes dificultades. En estas situaciones la humedad de la semilla se sitúa alrededor de 13-14% lo cual ya se encuentra en humedad de riego pero que debido a la pronta siembra no llegan a mostrar deterioro muy severo. Existen regiones en el trópico donde no es posible almacenar la semilla sin el control de la humedad del ambiente. La humedad del ambiente se puede controlar climatizando el almacén o poniendo semillas secas en recipientes herméticos. El control de la humedad se puede realizar climatizando el almacén a las humedades y temperaturas necesarias para el tiempo de

Cuadro 3. La Humedad y su relación en el Secamiento y Almacenamiento ^{1/}

| ETAPAS/MANEJO | ARROZ | FRIJOL | MAIZ | SORGO | SOYA | TRIGO |
|--|-----------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| Equilibrio de H. a más de 90% H.R. | 18.4(4) | 18(4) | 19.1(4) | 18.8(4) | 18.8(4) | 19.7(4) |
| Equilibrio de H. a 75% H.R. | 14.6(4) | 15(4) | 14.8(4) | 15.2(4) | 14.0(4) | 15.0(4) |
| Equilibrio de H.A. a menos de 60% H.R. | 12.8(4) | 12(4) | 12.9(4) | 12.0(4) | 9.3(4) | 11.8(4) |
| H. para Almacenamiento por una Campaña en Ambiente Adecuado (6-12 Meses) | 13(5); 12-13(8) | 12(2) | 12(2) | 13(5) | 12(2) | 13(2) |
| H. en el Almacén Climatizado Simplificado (18C y 50% H.R.) | 11.5(2) | 10.5(2) | 11.3(2) | 11(2) | 8(2) | 10.5(2) |
| H. para Almacenamiento de 1-5 años | 8(10); 10-11(9) | 11(9); 11(2) | 11(11) | | 10(12) | 10(10) |
| Índice de Almacenamiento (I.A:50) en años | 3-5(12) | 3-5(12) | 1(12) | 1(12) | 1(12) | 3-5(12) |

^{1/} Las referencias corresponden a la bibliografía consultada.

almacenamiento perseguido. El almacenamiento en recipientes herméticos es posible deseando la semilla hasta humedades menores al 12%. De estas formas las semillas se aíslan de la humedad del ambiente. En términos prácticos, cada vez que se disminuye el contenido de humedad en 1%, se duplica la longevidad de la semilla. Más que cualquier factor, la sobrevivencia de la semilla en el almacén depende de la humedad de la semilla que de cualquier otro factor (Figura 3).

El almacenamiento de la semilla biológicamente termina cuando la semilla ha germinado en el campo. Existen problemas relacionados a la humedad de la semilla en esta fase del almacenamiento, que inciden en daños a la calidad. Así por ejemplo, las semillas provenientes de almacenes climatizados muy secos, por tener baja humedad son sensibles al impacto. Por consiguiente, pueden ocasionarse daños mecánicos con los golpes en el transporte del almacén al campo y aún en las mismas sembradoras mecanizadas. Otro punto donde ocurre deterioro de tipo fisiológico e incidencia de microorganismos es en la fase de germinación.

Cada especie requiere un contenido mínimo de humedad para germinar. Entre éstas, las leguminosas como el frijol, y la soya, requieren alcanzar aproximadamente el 50-60% de su peso en agua para germinar; mientras que el maíz y arroz germinan con niveles de 30-40% de humedad. Este fenómeno que parece sólo de importancia académica es de gran importancia a nivel del agricultor. Cuando el suelo no contiene suficiente humedad la semilla habrá absorbido sólo cierta cantidad de humedad y no puede germinar, estas situaciones se presentan en el campo. Esta situación es ideal para causar la incidencia de microorganismos, el deterioro y muerte de la semilla. Es así como semillas que habiendo tenido buen potencial de germinación, pueden dar resultados negativos debido a insuficiencia de humedad en el suelo. Algunas especies como la soya, algodón y girasol son más susceptibles a este fenómeno.

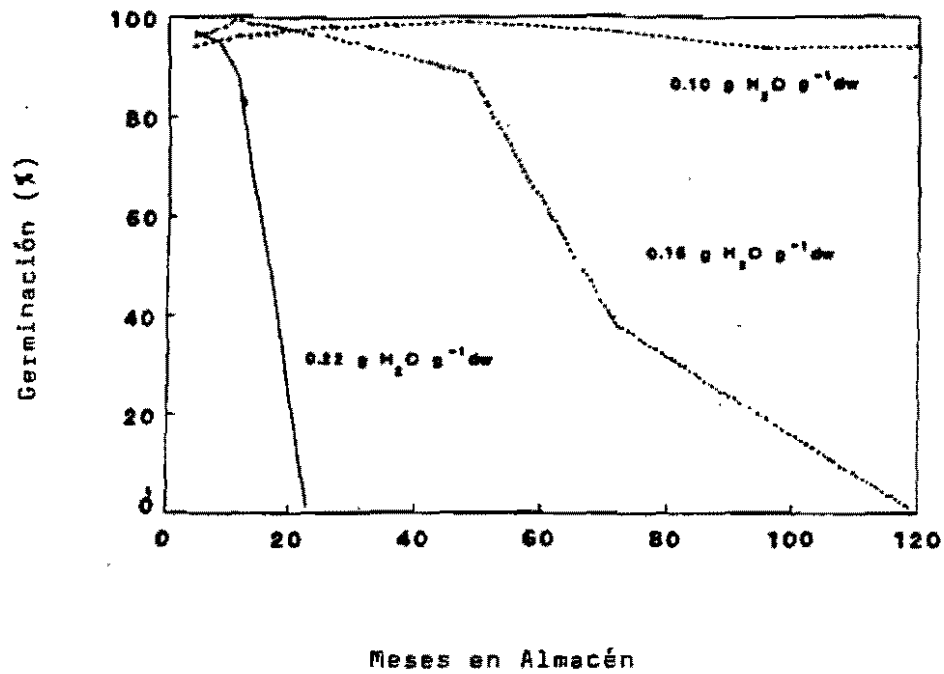


Figura 3. Efecto de la Humedad de la Semilla de Soya en la Germinación a través del tiempo en almacenamiento a 10°C (Justice y Bass).

CONCLUSIONES

Un buen entendimiento de la problemática de la humedad de la semilla tiene utilidad en los siguientes campos: 1,2,3,4.

1. Planificación de la Producción,
 2. Definición de la metodología de producción,
 3. Planificación de la infraestructura, y
 4. Costos
-
1. Planificación de la producción. Sabiendo las implicaciones directas e indirectas que tiene la humedad, es posible entonces, planificar la producción en regiones secas que tienen riego total o parcial. En regiones que dependen de lluvias se debe planificar la producción buscando la coincidencia de la maduración con los meses secos. La utilización de regiones/épocas permiten reducir los problemas derivados de la humedad. Un ejemplo de este principio es la concentración de la industria de semillas de hortalizas, flores en California, Oregon, Idaho de los Estados Unidos aún cuando el gran mercado es a nivel nacional y mundial.
 2. Metodología de producción. Sabiendo en qué condiciones climáticas se va a producir la semilla, es posible definir la metodología a usar. Este punto se puede aclarar con el ejemplo de la producción de semilla de arroz en el Perú. La producción en la costa que es seca y con riego, permite producir semillas sin dificultades de humedad. Sin embargo, la producción de semilla en la selva, lluviosa/cálida/húmeda, requiere cosecha oportuna, secado artificial inmediato y buenas condiciones de almacenamiento. Naturalmente todo esto requiere recursos humanos y físicos más especializados. En situaciones de este tipo el problema es mayor cuando se trata de semillas oleaginosas como la soya.
 3. Planificación de la infraestructura. Como se ha visto, las condiciones climáticas bajo las cuales se producirá la semilla definen la metodologías que se usarán. Estos a su vez exigen el tipo de

recursos físicos como equipos e infraestructuras que se requerirán para manejar la semilla. Es así, como en ciertas situaciones no es necesario de ningún equipo para secar ni almacenar las semillas porque el ambiente se encarga de secarla en el campo y mantenerlo seco durante el almacenamiento. Contrastando con esto, en situaciones húmedas no es posible obtener semillas de calidad en forma consistente si no se cuenta con infraestructuras, equipos, metodología y los conocimientos técnicos suficientes.

4. Costos. Todo lo anterior naturalmente tiene implicaciones directas en los costos. Algunos efectos se derivan del costo de los equipos, energía, mano de obra, etc. Otros costos son consecuencia de las pérdidas de calidad en las etapas de cosecha, secado, limpieza, y almacenamiento. Estas pérdidas pueden ser pequeñas pero crónicas que sumadas a través de los años son sumas cuantiosas. Otros efectos de la humedad son los obvios, causados por rechazos de semillas como consecuencia, pudriciones, calentamiento, ataque de microorganismos, daños mecánicos, etc. que se derivan de la humedad.

En conclusión, la humedad tiene implicaciones directas e indirectas en la producción, calidad y costos. Determina las decisiones metodológicas de producción de semillas. Por tanto, el conocimiento de la dinámica de humedad de la semilla es necesario para buscar esquemas técnicos que permitan producir semillas de buena calidad en forma consistente y a bajos costos.

BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. 1983. Sementes: Ciencia, Tecnologia e Producao.
- CIAT. Observaciones de la Unidad de Semillas.
_____. 1985. Arroz: Investigación y Producción.
- DELOUCHE, J.C. 1976. Proceedings of Short Course for Seedsmen.
- FAO. 1961. Agricultural and Horticultural Seeds.
- GARAY, A.E. 1989. Observaciones no Publicadas. Unidad de Semillas del CIAT.
- GRABE, D.F. 1989. Measurement of Seed Moisture. In Seed Moisture. CSSA Special Publication No. 14.
- HEBBLETHWAITE, P.D. 1980. Seed Production.
- HIDALGO, R. 1989. Comunicación Personal. Unidad de recursos Genéticos, CIAT.
- JUDENHEIMER, R.W. 1976. Corn Improvement, Seed Production and Uses.
- JUSTICE, O.L.; LOUIS, N.B. 1978. Principles and Practices of Seed Storage.
- KELLY, A.F. 1988. Seed Production of Agricultural Crops.
- LAGO, A.A., et al. 1987. Revista de ABRATES.
- LEOPOLD, A.C.; VERTUCCI, C.W. 1989. Moisture as a Regulator of Physiological Reaction in Seeds. In Seed Moisture. CSSA Special Publication No. 14.

RODRIGUEZ, L.E.; BARROS, A.C. 1987. Revista de ABRATES.

SIDDIGUE, M.A.; SOMERSET, G.; GOODWIN, P.B. 1987. Australian Journal of Experimental Agriculture.

VERTUCCI, C.W. 1989. The Kinetics of Seed Imbibition: Controlling Factors and Relevance to Seedling Vigor.

