

Determinación de los efectos del secado al sol sobre la calidad y longevidad de la semilla de maíz forrajero

Tatiana Blacutt Villarpando; Hernán Campos Garvizu;
Katia Ramírez Molina; Ruddy Meneses Arce

Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)

E mail: h_campos@umss.edu.bo

Resumen. El trabajo se realizó en el *Laboratorio de Semillas* del CIF "La Violeta" (Valle Central de Cochabamba, a 2614 msnm). Se evaluó el porcentaje de germinación e índice de vigor de semilla de tres cultivares de maíz forrajero, cuya semilla fue secada de manera natural, exponiéndola al sol, durante diferentes tiempos (de 7 hasta 35 días). Se aplicó un diseño de parcelas divididas, con los cultivares como factor principal y los días de secado como factor secundario. El ensayo se realizó en dos etapas: I) se determinó el efecto de los diferentes tiempos de secado al sol (inmediatamente después de la cosecha). II) Se determinó la calidad de la semilla procedente del secado al sol, a diferentes tiempos después de un periodo de almacenamiento de 243 días de pos cosecha. En la primera etapa, la mayor germinación se presentó en el nivel de 28 días de secado al sol, en los tres cultivares. El mayor índice de vigor se presentó en semillas que se secaron durante 28 días y luego se almacenaron por un periodo de 243 días.

Palabras clave: Cultivares; Calidad; Germinación; Vigor

Abstract: Determination of the effects of sun drying on the quality and longevity of forage maize seed. The work was carried out in the Seed Laboratory of the CIF "La Violeta" (Central Valley of Cochabamba, at 2614 masl). The germination percentage and seed vigor index of three forage corn cultivars, whose seed was dried naturally, exposing it to the sun, for different times (from 7 to 35 days) were evaluated. A split plot design was applied, with cultivars as the main factor and drying days as a secondary factor. The test was carried out in two stages: I) the effect of the different drying times in the sun (immediately after harvest) was determined. II) The quality of the seed from drying in the sun was determined at different times after a storage period of 243 days after harvest. In the first stage, the highest germination occurred at the level of 28 days of drying in the sun, in the three cultivars. The highest vigor index occurred in seeds that were dried for 28 days and then stored for a period of 243 days.

Keywords: Cultivars; Quality; Germination; Vigor

Introducción

La enorme difusión del cultivo de maíz en el país, se debe a las bondades que ofrece en cuanto a precocidad, adaptación, alta palatabilidad y óptima digestibilidad, principalmente para la alimentación animal en forma de forraje verde, chala seca y principalmente ensilaje, que

son fuente básica para la actividad ganadera. El producir semilla de esta forrajera es una actividad fundamental para mantener la producción de esta especie.

En este aspecto, uno de los puntos más relevantes es el acondicionamiento de la semilla, en especial en la etapa de almacenamiento, que es una fase donde se

debe preservar la calidad de la semilla minimizando su deterioro y mantener a la vez la viabilidad y vigor de la misma.

La semilla es el material vegetal más importante en la producción agropecuaria, es por ello que merece una atención especial e investigativa, en virtud de que la gran mayoría de las especies cultivadas se propagan por medio de semilla botánica. En este sentido, es imprescindible que las semillas sean de alta calidad y que tengan la capacidad de dar origen a plántulas sanas y vigorosas para así también mejorar la producción e incrementar el rendimiento del cultivo.

Una fase importante en la producción semillera, en este caso del maíz, es el secado de las mazorcas después de la cosecha, factor que probablemente es uno de los más importantes a tomar en cuenta para la conservación de la viabilidad, vigor y germinación de la semilla, así también se debe considerar el fenómeno de dormancia y latencia de las mismas.

El proceso de secado se hace con el fin de disminuir la humedad de las semillas

para almacenarlas durante un periodo de tiempo determinado, evitando los calentamientos (alto metabolismo) y ataques de hongos e insectos, para así mantener su calidad (CATIE 2000).

Por lo indicado, en el presente estudio se evaluó el efecto que causan las condiciones contrastantes de tiempos de secado natural al sol, además de un periodo de almacenamiento y manejo pos cosecha, sobre la calidad y longevidad de la semilla de maíz forrajero, en condiciones de producción del Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta", en Tiquipaya, Cochabamba.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el *Laboratorio de Semillas* del CIF, a partir de semilla de maíz forrajero, cosechada en "La Violeta", en el ciclo agrícola 2013-2014.

La investigación fue realizada en dos etapas que se detallan en el siguiente esquema (Figura 1).

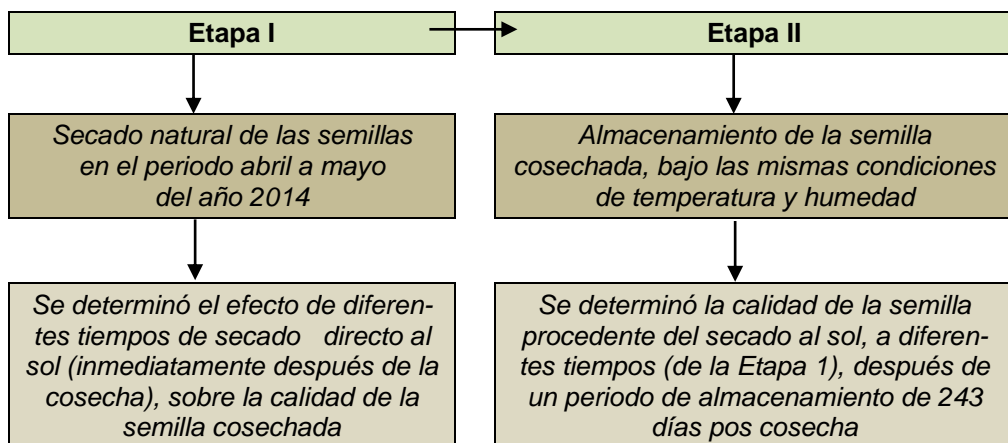


Figura 1. Esquema de etapas de trabajo con semilla de variedades de maíz forrajero sometida a diferentes tiempos de secado natural al sol en el CIF "La Violeta"

El ensayo fue conducido bajo un diseño de parcelas divididas, con tres repeticiones, donde la parcela principal la constituyeron tres cultivares de maíz, y la parcela secundaria, los diferentes tiempos de secado natural al sol.

Cada unidad experimental estuvo formada por muestras de semilla tomadas para la determinación de calidad en laboratorio.

Una vez realizada la cosecha, las mazorcas fueron extendidas en el patio de secado, posteriormente las muestras se tomaron de manera aleatoria, recolectando 10 mazorcas de maíz de cada variedad. Se tomó muestras a los 7, 14, 21, 28, 35 días de secado al sol. Una vez obtenidas las mazorcas, se completó el secado a la sombra hasta recolectar la última muestra (a los 35 días), posteriormente las mazorcas de cada muestreo se desgranaron y se limpiaron los granos para garantizar la pureza física de los mismos, luego se contó 100 semillas en tres repeticiones de cada cultivar y cada periodo de secado, para su análisis en laboratorio.

Se utilizó una cámara de germinación del *Laboratorio de Semillas* del CIF, la cual tiene la característica de mantener una temperatura constante de 21°C, además de regular la luminosidad a 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, con una humedad constante de 75%.

Una vez contadas las semillas se las distribuyó uniformemente sobre papel filtro en 10 columnas y 10 filas. Posteriormente se humedeció con agua destilada y se cubrió con otro papel filtro, previamente humedecido. Se aplicó un fungicida (42.2 de Fluoro-1,3 Benzodioxol-4-y 1)-17-Pirrol-3 Carbonitrilo) para evitar la proliferación de hongos, luego se enrolló y se colocó en una bolsa plástica, para mante-

ner la humedad, posteriormente las muestras fueron llevadas a la cámara germinadora. El resultado obtenido para cada variedad y cada tiempo de secado, fue el promedio de las tres repeticiones.

Al final de la prueba en la cámara germinadora (12 días), a más del % de germinación, se determinó también el vigor de las plántulas, considerando que las plántulas normales fueron originadas por semillas de vigor aceptable, por lo cual se hicieron mediciones del tamaño (en cm), de la radícula y la plúmula de la totalidad de semillas germinadas para cada uno de los tratamientos, las lecturas obtenidas se sumaron y se promediaron; con el tamaño promedio de la radícula y la plúmula, se determinó el índice de vigor, correspondiente a cada repetición, para cada cultivar y cada número de días de secado al sol. Una vez culminada la recolección de las muestras de semilla secada a diferentes tiempos (Etapa 1), éstas fueron almacenadas durante 243 días, bajo las mismas condiciones ambientales, tiempo tras el cual, se realizó nuevamente las pruebas de germinación y vigor, en este caso correspondiente a la Etapa II definida en el ensayo (Figura 1).

Resultados y discusión

ETAPA I: Efecto de los diferentes tiempos de secado directo al sol, sobre la calidad de semilla de maíz forrajero, inmediatamente después de la cosecha

El análisis de varianza para la *Etapa I* del ensayo, para los dos factores en estudio, en las dos variables de respuestas consideradas, mostró que para la variable ***germinación***, no se tuvo diferencias significativas para los efectos simples, pero sí para la interacción cultivares por días de secado al sol.

Para el índice de vigor, se encontró diferencias altamente significativas para los factores simples y para la interacción de ambos. Los coeficientes de variación fueron mínimos en el caso de la germinación (3.05%) y relativamente altos para el índice de vigor (22.4%).

a) Germinación

Los resultados obtenidos (Cuadro 1), muestran que el menor valor de germinación se presentó en el cultivar *Blanco Bicentenario* con 7 días de secado al sol (87.7% de germinación frente a una media general de 98%); este valor se atribuye al contenido de humedad, como resultado de periodos cortos de secado (7 y 14 días), el cual afectó a nivel fisiológico en el proceso de emergencia de la plántula.

Se sabe que por cada 1% que se reduzca el contenido de humedad de las semillas, se puede lograr un incremento del 100% de su capacidad germinativa (Sanjinés, 1998). Esta respuesta puede atribuirse probablemente a que las semillas recién cosechadas contienen una alta humedad, lo cual afecta directamente al poder germinativo de las semillas. Así, según Galliussi (2006), indica que, normalmente, la semilla proveniente de la cosecha directa, contiene una humedad superior al 30%,

lo cual atenta contra su buena conservación, bastando que se encuentre pocas horas embolsada o a granel, para que el poder germinativo y vigor de las plántulas se vean seriamente afectados.

Para el factor *cultivar* no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Una comparación numérica de los cultivares *Amarillo CUB UMSS "A"* y *Amarillo Compuesto 10 * IBO 128*, muestra que tienen el mismo valor para la germinación (99.1%), que es superior al cultivar *Blanco Bicentenario* (95.9%). Estos resultados se pueden atribuir a la viabilidad del embrión, y las condiciones de temperatura y humedad que fueron adecuadas para que se presente un alto porcentaje de germinación, para los tres cultivares.

Para el factor *días de secado al sol*, se observan diferencias numéricas. Así, a los 14 y 28 días de secado presentaron el mayor valor, que fue de 99.0% en ambos casos, seguidos de las respuestas a los 21 y 35 días de secado, con valores de 98.7% y 98.0%, respectivamente, siendo a los 7 días donde se presentó un menor porcentaje de germinación (95.2%), debido probablemente a que las semillas aún estaban en estado de letargo seminal.

Cuadro 1. Valores medios de germinación para la interacción cultivar por días de secado al sol, en semilla de maíz forrajero

Cultivares de maíz forrajero	Días de secado al sol					Promedio
	7	14	21	28	35	
<i>Blanco Bicentenario</i>	87.7 b	98.0 a	97.7 a	99.9 a	97.0 a	95.9 a
<i>Amarillo CUB UMSS A</i>	99.7 a	99.3 a	99.0 a	99.3 a	98.3 a	99.1 a
<i>Amarillo Compuesto 10 * IBO 128</i>	98.3 a	99.7 a	99.7 a	98.3 a	99.3 a	99.1 a
Promedio	95.2 B	99.0 A	98.8 A	99.2A	98.2 A	98.0

Promedios seguidos de letras distintas, son estadísticamente diferentes (Duncan al 5%)

b) Índice de vigor

Factor “cultivares”. El índice de vigor como se presenta en la Figura 2, muestra diferencias significativas entre cultivares, donde destacó el cultivar *Amarillo CUB UMSS A*, manifestando mayor tolerancia al secado natural; en cambio los cultivares *Blanco Bicentenario* y *Compuesto 10*IBO 128*, alcanzaron valores menores.

Los resultados pueden atribuirse a un secado rápido de las semillas, lo que podría haber ocasionado un efecto negativo en el vigor. El secado rápido de semillas con alto contenido de humedad, da como resultado un descenso del vigor, lo que sucedió en los cultivares *Blanco Bicentenario* y *Amarillo Compuesto 10 * IBO 128*.

Al respecto Bonner *et al.*, (1994), recomiendan almacenar semillas ortodoxas (semillas que se pueden secar a bajos niveles de humedad y ser almacenadas a bajas temperaturas sin sufrir daños internos) con un contenido de humedad de 5% a 8%, porque las semillas con menos de 5% pueden tener problemas con desecación excesiva, y con más de 9% tendrían problemas debido a insectos y hongos.

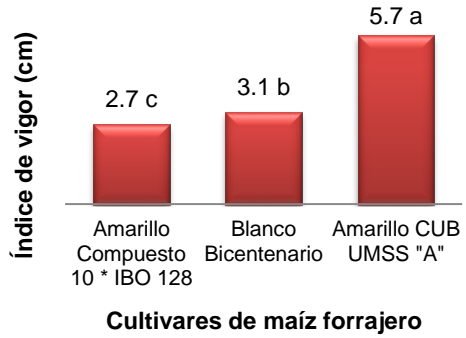


Figura 2. Índice de vigor (cm) para el factor cultivares

Promedios seguidos de letras distintas, son estadísticamente diferentes (Duncan al 5%)

Factor “días de secado al sol”. En la Figura 3 se observa que a partir de los 21 hasta los 35 días de secado al sol, el índice de vigor es mayor en relación a los 7 y 14 días, lo cual se puede atribuir a que las semillas aún tenían un alto contenido de humedad ya que el secado fue afectado por las condiciones ambientales que se presentaron durante esos días (alta humedad relativa, baja temperatura y lluvias) las cuales impidieron un adecuado secado natural de las semillas.

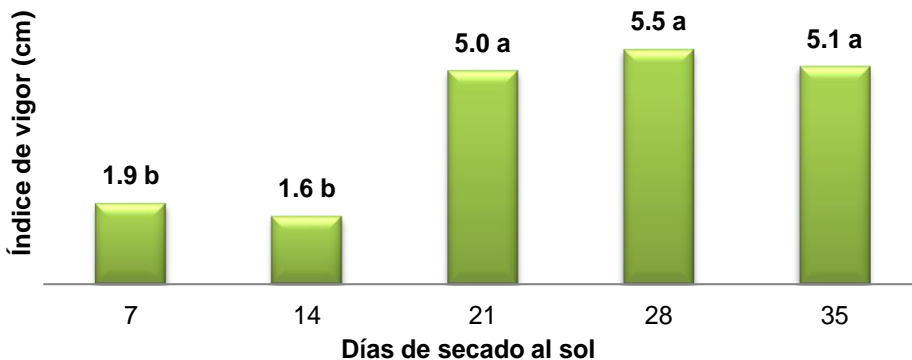


Figura 3. Índice de vigor (cm) para el factor días de secado al sol.

Promedios seguidos de letras distintas, son estadísticamente diferentes (Duncan al 5%)

Al respecto Demir *et al.* (2008) mencionan que el vigor de las semillas está influenciado por el secado después de la cosecha, así como por rasgos genéticos, condiciones ambientales, fecha de cosecha, daños mecánicos y condiciones de almacenamiento.

Interacción cultivar por días de secado al sol. De acuerdo al ANVA y la prueba de Duncan, el índice de vigor en laboratorio presentó diferencias altamente significativas para la interacción cultivar por días de secado al sol de la semilla, es decir que los cultivares de maíz mostraron comportamientos diferentes respecto al índice de vigor, en función a los diferentes periodos de secado al sol de la semilla.

En el Cuadro 2 se observa que las respuestas de cada cultivar en interacción con los días de secado, difieren notoriamente, así el mayor índice de vigor en el cultivar *Blanco Bicentenario*, se presentó a los 28 días de secado, mientras que en el cultivar *Amarillo CUB UMSS A* se presentó a los 35 días de secado, y en el cultivar *Amarillo Compuesto 10*IBO 128* a los 21 días de secado, siendo este el valor mayor de todas las interacciones. Los menores valores se presentaron a los 7 y 14 días de secado al sol en los tres cultivares.

Los resultados obtenidos se atribuyen a que la semilla evaluada a los 7 y 14 días de secado al sol, fue afectada porque tenían un alto contenido de humedad, este factor puede ocasionar el deterioro que conduce a la pérdida de viabilidad y vigor en poco tiempo, y como ya se señaló, estimula la proliferación de insectos y hongos que provocan serias pérdidas en la calidad de la semilla.

Al respecto, Mayer y Poljakoff-Mayber (1982), indican que para lograr que el potencial de vigor no se pierda durante el almacenamiento, se requiere que las semillas sean almacenadas con baja humedad, lo cual se logra sometiendo la misma a un secado previo.

El objetivo del secamiento de la semilla es reducir el contenido de humedad a un nivel adecuado para el almacenamiento. Cuanto más bajo es el contenido de humedad y temperatura, el grano puede ser almacenado por más tiempo sin peligro. Se debe secar la semilla inmediatamente después de haber sido cosechada. La semilla de granos básicos con humedad entre 30% y 33 % (madurez fisiológica), es recomendable secarlas a hasta bajar la humedad a 12% a 14% (Valdivia 2011). En el caso de los cereales un contenido de humedad menor del 14% es aceptable para el almacenamiento de 1 año o más.

Cuadro 2. Valores medios para la interacción cultivar por días de secado al sol para la variable índice de vigor

Factores	Días de secado al sol					Promedio
	7	14	21	28	35	
<i>Blanco Bicentenario</i>	1.6 de	1.2 e	1.5 de	7.2 a	3.8 c	3.1 b
<i>Amarillo CUB UMSS A</i>	2.3 de	1.7 de	8.2 a	7.7 a	8.4 a	5.7 a
<i>Amarillo Compuesto 10 * IBO 128</i>	1.9 de	1.9 de	5.3 b	1.5 de	2.9 cd	2.7 c
Promedio	1.9 B	1.6 B	5.0 A	5.5 A	5.0 A	3.8

Promedios seguidos de letras distintas, son estadísticamente diferentes (Duncan al 5%)

ETAPA II: Determinación de la calidad de la semilla con diferentes tiempos de secado al sol, después de un periodo de almacenamiento de 243 días

El análisis de varianza mostró que no hay diferencias significativas al 5% para los factores estudiados (cultivares y días de secado e interacción) para la variable germinación. Para la variable índice de vigor sí se encontraron diferencias significativas, tanto para efectos simples como en la interacción. Los coeficientes de variación fueron mínimos: en germinación 3.95% y en índice de vigor 7.37%.

a) Germinación

Según el análisis de varianza, no existen diferencias significativas entre los factores evaluados para esta variable, lo que aseguraría estadísticamente que todos los factores tienen efectos similares, por tanto se puede inferir que la variable porcentaje de germinación no fue afectada por los factores en estudio (cultivares y días de secado al sol), luego de un almacenamiento de 243 días pos cosecha.

b) Índice de vigor

Al tener diferencias significativas para la interacción, la discusión de resultados se plantea a partir precisamente de la interacción entre los dos factores.

En el Cuadro 3 se observa que los días de secado al sol y almacenamiento, afectaron a los cultivares *Blanco Bicentenario* y *Amarillo Compuesto 10*IBO 128*, los cuales presentaron los mayores valores cuando se aplicó 7 y 14 días de secado, sin embargo el comportamiento de ambos cultivares mostró diferencias a partir de los 21 días de secado, expresándose una disminución del índice de vigor. En contraste, el cultivar *Amarillo CUB UMSS A*, presentó un bajo índice de vigor como respuesta a los 7, 14 y 21 días de secado, el cual se incrementó en el nivel de 28 días de secado, mostrando un alto índice de vigor.

La pérdida de viabilidad de la semilla que repercute en el índice de vigor, se puede atribuir a la longevidad de las semillas y al potencial de almacenamiento. Sanjinés (1998) menciona que la longevidad de la semilla, está indirectamente relacionada con la composición química de la misma. Así, las semillas oleaginosas se deterioran más rápido que las amiláceas, existiendo una tendencia de las semillas con alto contenido de lípidos, a tener una vida corta; también al bajo contenido de azúcar se ha relacionado con semillas de vida corta.

Cuadro 3. Valores medios del índice de vigor (en cm) para la interacción cultivar por días de secado al sol, a 243 días de almacenamiento

Factores	Días de secado al sol					Promedio
	7	14	21	28	35	
<i>Blanco Bicentenario</i>	10.4 ab	11.0 a	9.9 bc	9.9 bc	9.9 bc	10.2 a
<i>Amarillo CUB UMSS A</i>	3.5 fg	4.3 f	3.8 fg	11.1 a	3.5 fg	5.2 c
<i>Amarillo Compuesto 10*IBO 128</i>	9.2 cd	8.4 d	3.1 g	3.8 fg	5.3 e	5.9 b
Promedio	7.7 B	7.9 AB	5.6 D	8.3 A	6.2 C	7.0

Promedios seguidos de letras distintas, son estadísticamente diferentes (Duncan al 5%)

El mismo autor manifiesta que en una muestra de semillas, no todas mueren al mismo tiempo, porque el potencial de almacenamiento también es una característica individual, lo cual afecta el porcentaje de viabilidad del lote de semillas. Por lo tanto no todas las especies, variedades o semillas individuales, de un mismo grupo genético, sobreviven el mismo periodo de tiempo bajo una amplia gama de condiciones de almacenamiento, las condiciones ambientales de una determinada región pueden ser favorables para almacenar semillas de una especie, pero no lo son para semillas de otra especie.

Conclusiones

- El tiempo de exposición al sol y el tiempo de almacenamiento de las semillas de maíz, en mayor y menor grado, influyen sobre la calidad fisiológica de la semilla, en las condiciones consideradas en el ensayo.
- El tiempo de secado al sol no causó daño a las semillas en los diferentes cultivares de maíz forrajero, por el contrario estimuló la germinación de las mismas, presentando la mejor calidad de semillas (germinación superior a 90%) las cuales están dentro del rango establecido por las normas del ISTA (*International Seed Testing Association*).
- En cuanto al índice de vigor (evaluado al poco tiempo de la cosecha), se detectaron diferencias altamente significativas; así el cultivar *Amarillo CUB UMSS A* mostró plántulas de vigor alto, en contraste, los cultivares *Blanco Bicentenario* y *Amarillo Compuesto 10 * IBO 128* presentaron plántulas menos vigorosas.

- Luego de 243 días de almacenamiento, los tres cultivares que fueron sometidos a diferentes tiempos de secado, evidenciaron a nivel de laboratorio, un alto poder germinativo, igual o superior al 95%.
- Posterior a la fase de almacenamiento (243 días), para la variable índice de vigor, las semillas del cultivar *Blanco Bicentenario* dieron origen a plántulas de vigor alto; es decir que la temperatura, humedad y buenas condiciones de almacenamiento, dieron lugar a que las semillas conserven su vigor, situación que no se dio en el cultivar *Amarillo CUB UMSS A* y *Amarillo Compuesto 10 * IBO 128* cuyas plántulas fueron menos vigorosas en función al tiempo de almacenamiento.

Referencias citadas

- Bonner F., Vozzo W., Elam S., Land V. 1994. Tree Seed Technology Train Course Instructors Manual USDA. Forest Service New Orleans. Louisiana, USA. 160 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2000. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Volumen 1. Serie Técnica. Manual Técnico N° 41. CATIE-PROSEFOR-DFSC. Turrialba, Costa Rica. 204 p.
- Demir I., Tekin A., Okmen Z., Okcu G., Kenanoglu B. 2008. Seed quality and fatty acid and sugar contents of peppers seeds (*Capsicum annuum* L.) in relation to seed development and drying temperatures. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 32 (6) 529-536.

- Galiussi E. 2006. Los pasos de la semilla. Del árbol al laboratorio. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. *En línea*. Disponible en: www.agro.unlp.edu.ar/institucional/secretarias/extension/publicaciones/tecnicas/pasossemversion.pdf Consultado el 8 de junio de 2015.
- Mayer A., Poljakoff-Mayber A. 1982. The germination of seeds. Pergamon International Library of Science, Technology, Engineering and Social Studies. Third Edition. Pergamon Press: Oxford - New York - Toronto - Sydney - Paris - Frankfurt. 224 p.
- Sanjinés H. 1998. Fisiología de semillas. **En:** Agricultura de las Américas. Ed. Prieto Victor. Revista Agropecuaria. USA. Nro.4. 96 p.
- Valdivia R. 2011. Secamiento de granos o semilla de maíz. Howard G. Buffett Foundation. Agricultura para necesidades básicas. Catholic Relief Services. *En línea*. Disponible en: http://a4n.alianzacacao.org/uploaded/mod_documentos/SECAMIENTO%20DE%20GRANOS%20O%20SEMILLA%20DE%20MAIZ.pdf Consultado en enero de 2019.