



Artículo Original

Características germinativas de semillas del algodón nativo, *Gossypium* sp., de fibra verde, lila y marrón

Germination characteristics of native cotton, *Gossypium* sp., seeds of green, lilac and brown fiber.

Armando Gil Rivero y Eloy López Medina

Facultad de Ciencias Biológicas, Campus de la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú

RESUMEN

El algodón es un cultivo ancestral del mundo; comprende muchas especies del género *Gossypium* (Malvaceae) del cual se obtienen fibras de gran importancia industrial; sin embargo, aún no se han estudiado aspectos relacionados con la biología de los frutos de algodón de color. En la presente investigación se determinaron las características germinativas de las diferentes variedades que forman fibra de color, así como, los caracteres morfológicos del fruto. El material vegetal procedió de San Benito-Cajamarca (Perú) y la fase experimental se desarrolló en el Laboratorio de Fisiología y Cultivos de Tejidos Vegetales de la Universidad Nacional de Trujillo (Perú), mediante un diseño estadístico completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. Se estimó el índice de Czabator y se evaluó la viabilidad. Se encontró que la variedad marrón evidenció un 92 % de germinación, 74.64 % de emergencia, 83.24 % de energía germinativa y una viabilidad del 80%, a diferencia del resto de variedades cuyos valores fueron menores. Además, presentó un mayor número de lóculos (3.1) y semillas por bellota (21.7). Se concluye que la variedad de fibra marrón presentó, entre las tres variedades, los valores más altos de caracteres germinativos y el mayor número de lóculos y semilla por bellota.

Palabras clave: Características germinativas, *Gossypium*, fibras de color, índice de Czabator

ABSTRACT

Cotton is an ancient crop of the world; it comprises many species of *Gossypium* (Malvaceae), which fibers are obtained great industrial importance. There are no studies about biological characteristics of cotton's color fibers. In this research the germinate characteristics and morphological characteristics of fruit of fiber color cotton were determined. The vegetal material comes from San Benito district-Cajamarca (Peru). The experimental phase was developed in the Laboratory of Physiology and Cultivation of Tissues Vegetables of the National University of Trujillo (Peru) by means of completely randomized statistical design; five-replicates per treatment were used by test. It was found that the brown variety showed a 92 % of germination, 74.67% of emergency, 83.24 % of germination energy and a viability of 80%, while, the other varieties presented lower values. In addition, brown variety it was presented a greater number of locules (3.1) and seeds acorn (21.7). It was concludes that the variety of brown presented, respect the other varieties, the highest values of germination characters and as many locules and seeds for acorn.

Keywords: Germination characteristics, *Gossypium*, colored fibers, Czabator Index.

INTRODUCCIÓN

El algodón, *Gossypium* spp., es el producto agrícola no alimentario más importante del mundo desde épocas muy antiguas y los países que más producen son: China (25.0%), Estados Unidos (19.9%), India (13.1%), Pakistán (9.8%), Brasil (5.1%) y Uzbekistan (4.2%)^{1,2,3,4,5}. En el Perú se encuentran dos especies nativas: *G. barbadense* y *G. raimondii* de las cuales la primera se halla más distribuida y, entre otras, tienen la ventaja de presentar distintos tonos de color naturales y linters oscuros en las semillas; sin embargo, tales ventajas han sido poco difundidas a nivel nacional e internacional^{7,8}.

Tal como ocurre con otras especies, es de importancia conocer la calidad de la semilla de algodón para la obtención de poblaciones de plántulas vigorosas y uniformes; por ello, existen pruebas en laboratorio que ofrecen una primera información respecto a la calidad de las semillas; estas incluyen: sanidad, vitalidad o vigor y viabilidad⁸.

Las pruebas de germinación informan sobre las semillas que rápidamente han reanudado la actividad metabólica y la curva de germinación representa el porcentaje de semillas germinadas frente al tiempo transcurrido desde la siembra, la cual da una idea completa del desarrollo de una muestra de semillas en condiciones determinadas^{16,19,20}. El vigor o energía germinativa es el potencial o capacidad de la semilla durante la germinación y emergencia de la plántula, así, las semillas de alto vigor se conservan mucho más tiempo, germinan más rápido y resisten condiciones adversas de germinación^{9,10,11,12,13,14}.

La viabilidad, por su lado, hace referencia a su capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables y para su evaluación se emplean soluciones de 2,3,5-trifeniltetrazolio (2,3,5-TFT). Este ensayo se basa en que una vez que los diferentes tejidos de la semilla se han hidratado, en el embrión se activan rutas metabólicas, que liberan electrones capaces de reducir a ciertas sustancias químicas; al mismo tiempo, el 2,3,5-TFT reacciona con las hidrogenasas implicadas en la respiración celular que tiene lugar en los tejidos vivos y, como consecuencia de la reacción, el tetrazolio se transforma en un compuesto de color rojo, de modo que aquellas zonas donde ha habido reacción permanecerán teñidas con este color indica que semillas buenas mientras que las semillas con viabilidad declinante muestran embriones sin coloración^{13,14,15,16,17,18,19,21,22,23}.

Debido a que son escasos los reportes técnicos y trabajos relacionados con las características germinativas y morfológicas²⁰ de semillas del algodón nativo, se propuso una investigación dirigida a responder la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características germinativas de semillas y los caracteres morfológicos del fruto de *Gossypium* sp. de fibra de color verde, lila y marrón?

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología y Cultivos de Tejidos Vegetales de la Universidad Nacional de Trujillo (Trujillo, Perú), con material vegetal (semillas) procedentes del Distrito de San Benito, Provincia de Contumazá, Departamento de Cajamarca-Perú.

Colecta de frutos de *Gossypium* sp.

Se seleccionaron cápsulas maduras, las cuales se colectaron en bolsas de papel y se transportaron al Laboratorio (Fig.1).

Extracción, selección y pesado de semillas:

De cada bellota se separó las semillas de la fibra, se seleccionó, se contabilizó y se pesó en balanza analítica. Se tomó 5 lotes de 10 g de semillas c/u y se estimó el promedio del número de semillas en 10 g, para luego calcular el número de semillas en un kg (Fig.2).

Determinación del porcentaje de germinación (%G) de las semillas^{18,19}:

Se seleccionaron al azar 5 grupos con 30 semillas cada uno. Se esterilizaron cinco placas de Petri de 8.5 cm por 8.5 durante dos horas a 105°C, se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar. Se colocaron en cada placa ocho discos de papel filtro estériles humedecidos con agua destilada estéril y se distribuyeron las semillas en cada placa, previo tratamiento con fungicida HOMAI. Se brindó las condiciones óptimas de temperatura (22±2°C), para favorecer la germinación. Para la toma de datos, una semilla germinada es aquella que mostró un desarrollo visible de radícula y se consideró semilla muerta o podrida a aquella que al finalizar el período evaluativo no germinó o se putrefactó²⁷. Se expresa el % G como el porcentaje final de semillas que germinan (Sg) con relación al número total de semillas sembradas (Ss)²⁸.

$$\%G = (Sg/Ss) \times 100$$

%G = Porcentaje de germinación.

Sg = n° de semillas que germinan.

Ss = n° total de semillas sembradas.

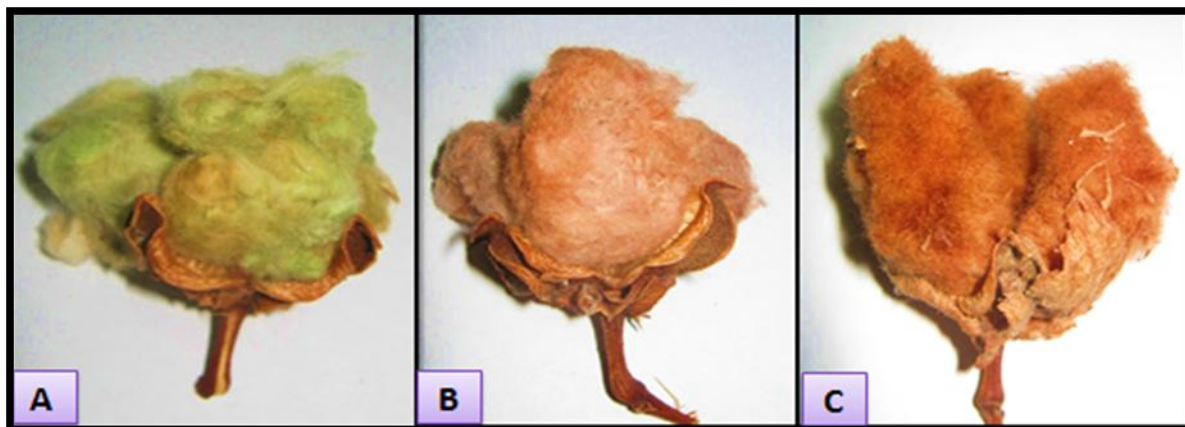


Fig. 1. Bellotas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde (A), lila (B) y marrón (C).



Fig. 2. Semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde (A), lila (B) y marrón (C).

Determinación de la vitalidad de semillas¹⁶:

La vitalidad se calculó a través del valor compuesto de Czabator (1962), para ello se utilizaron los datos obtenidos en la prueba de % G. Para obtener el índice de Czabator, se realizaron conteos de la emergencia de radículas y se estimó un valor promedio acumulativo, para obtener una gráfica expresada en porcentaje (Fig. 5). Los valores obtenidos se remplazaron en la fórmula, donde: VA, es el valor más alto del porcentaje de germinación dividido entre el número de días que se requirió para llegar a ese punto y GMD es la germinación media diaria, que es el porcentaje final de la germinación dividido entre el número de días de posible duración de la prueba²⁵.

$$IC = VA \times GMD$$

IC = Índice de Czabator.

VA = Valor más alto de la curva.

GMD = Germinación Diaria Media.

Determinación de la viabilidad de las semillas con 2,3,5-Trifeniltetrazolio^{10,15}

Para tal fin se procedió como sigue: (i) se remojaron en agua 10 semillas seleccionadas de cada variedad por un periodo de 12 horas, (ii) se organizaron los grupos experimentales en 10 placas de Petri (PP), (iii) se preparó 2,3,5-Trifeniltetrazolio al 0.1%, (iv) el frasco contenedor del reactivo fue envuelto en papel aluminio y las semillas fueron cortadas por la mitad y se distribuyeron en cada tapa de la PP, (v) se colocaron las PP en cámara oscura y se agregó 10 mL de la solución de 2,3,5-Trifeniltetrazolio al 0.1% a cada tapa de las PP, observando que la semilla esté sumergida en la solución, (vi) se dejó reposar por un periodo de 30 minutos y se leyeron los resultados. La observación de embriones completamente coloreados fue un indicador de una buena semilla, la observación de semillas inviables presentan manchas sin colorear²⁵. El porcentaje de viabilidad de un lote de semillas se determinó con la siguiente fórmula:

$$NR/NT \times 100$$

NR = n° de semillas teñidas de rojo.

NT = n° total de semillas evaluadas.

Determinación del porcentaje de emergencia (%E) de las semillas¹⁰:

Para la prueba de emergencia se utilizó como sustrato una mezcla de humus y arena en proporción 1:1, previamente desinfectados. Se desinfectaron bandejas germinadoras con lejía al 2%, durante diez minutos. Se seleccionaron 5 grupos al azar de 30 semillas c/u, las cuales fueron sembradas en sus respectivos germinadores. El riego se realizó cada tres días. El %E fue el número de plántulas emergidas hasta el último día del ensayo. Para ello se construyó una tabla acumulativa donde se indicó el promedio del número de plántulas emergidas por día. Se consideró que la plántula está emergida cuando en la superficie del sustrato se observan los cotiledones (Fig.3) fuera de la envoltura seminal¹⁴. El porcentaje de emergencia de un lote de semillas se determinó con la siguiente formula:

$$\%E = PE/TS \times 100$$

%E = Porcentaje de emergencia.

PE = Plántulas emergidas durante el ensayo.

TS = Total de semillas sembradas.

Fig. 3. Emergencia de plántulas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color marrón a los 6 días de evaluación.



RESULTADOS

Se encontró que dentro de las características de fruto y semilla, la variedad de fibra marrón presentó el mayor promedio de lóculos por bellota y semillas y que solamente las semillas de la variedad de fibra verde presentaron lintiers (Tabla 1).

Se apreció que el porcentaje promedio acumulativo de germinación (92%) y de emergencia de semillas (4.6%) de la variedad de fibra marrón fue mayor que en las demás variedades (Figs. 4 y 5).

La Tabla 2 resume las características germinativas de *Gossypium* sp. “algodón nativo”, destacando la variedad de fibra marrón por presentar los valores más altos de Vigor (83.24%) y Viabilidad (80 %). En la (Fig.6), se aprecia una semilla viable de alto vigor, de bajo vigor e inviable. Los resultados del Análisis de varianza mostraron que hay diferencias significativas en los porcentajes de germinación y emergencia promedio las variedades de fibra de color verde, lila y marrón, mientras que la prueba Tukey mostró que para el porcentaje promedio de germinación y de emergencia la variedad de fibra de color marrón fue la mejor.

Tabla 1. Características de frutos y semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibras de color verde, lila y marrón.

Variedad	N° de lóculos por fruto (X)	N° de semillas (X)	N° de semillas en 1kg (X)	PS
Algodón de fibra verde	3.05	21.4	10 560	Presencia
Algodón de fibra lila	3	16.5	13 660	Ausencia
Algodón de fibra marrón	3.1	21.7	10 880	Ausencia

Leyenda: PS= Pilosidad en la semilla, X= promedio

Tabla 2. Características germinativas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón. Germinación Total (GT), Emergencia Total (ET), vigor y viabilidad: alto vigor (A), bajo vigor (B), no viables (C)

Variedad	GT (%)	ET (%)	Vigor (%)	Viabilidad (%)		
				A	B	C
Algodón de fibra verde	84.7	49.3	69.9	65	15	20
Algodón de fibra marrón	92.0	74.6	83.2	80	10	10
Algodón de fibra lila	69.2	47.3	52.3	40	30	30

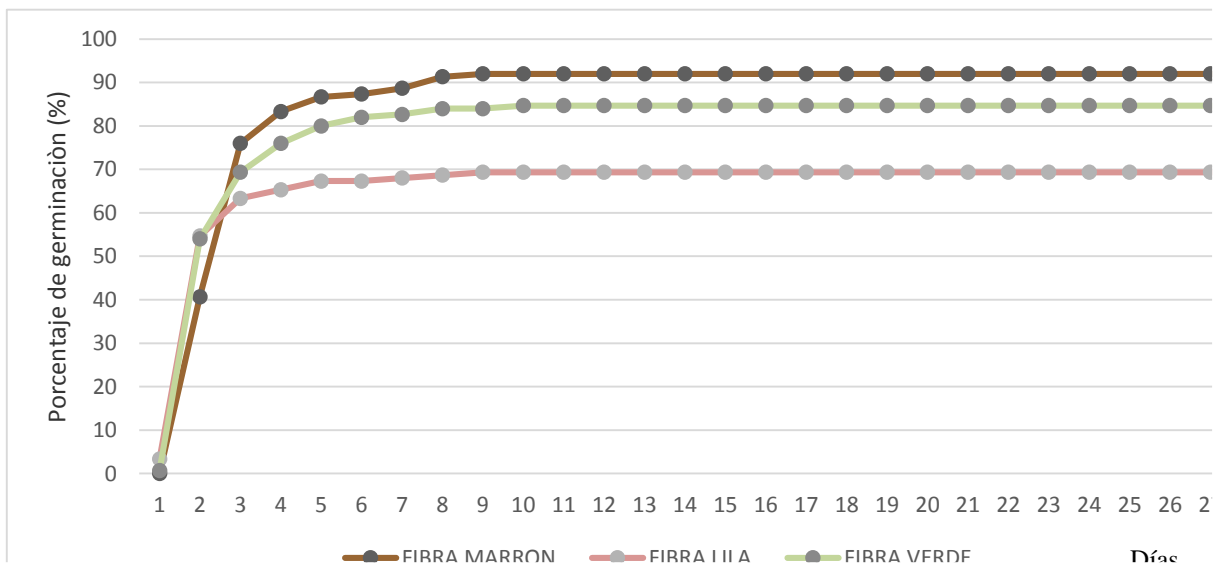


Fig. 4. Porcentaje promedio acumulativo de germinación de semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón a los 28 días de evaluación.

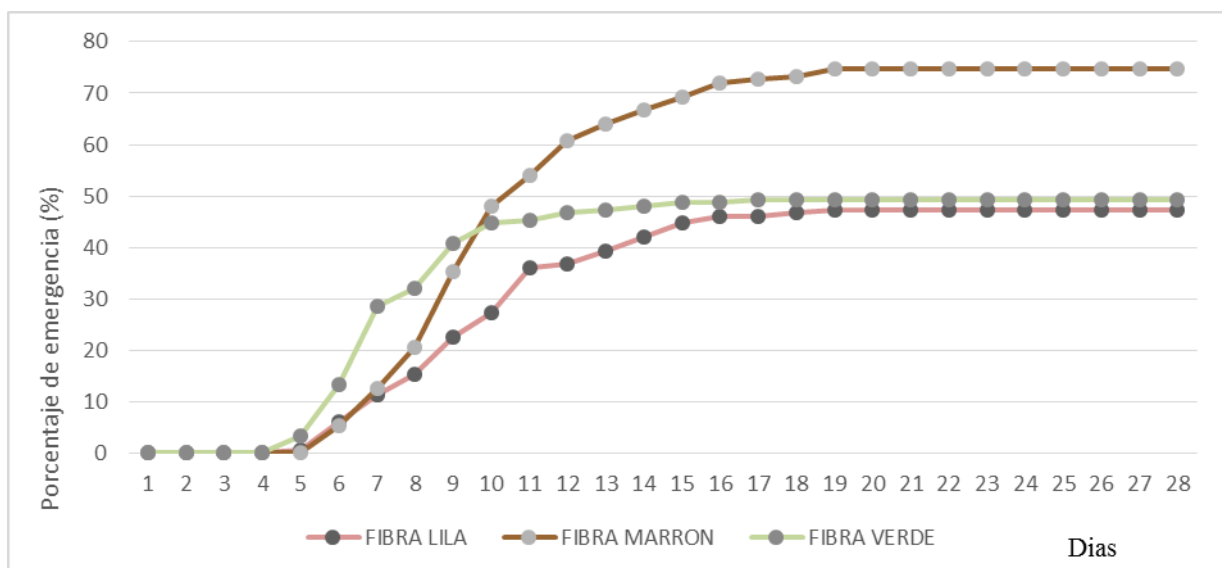


Fig. 5. Porcentaje promedio acumulativo de emergencia de semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón a los 28 días de evaluación.



Fig. 6. Viabilidad de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón utilizando el reactivo 2, 3,5 –trifeniltetrazolio. De acuerdo al grado de tinción del embrión, se observa: una semilla viable y de alto vigor (izquierda), una semilla viable de bajo vigor (derecha) y una semilla no viable (centro).

DISCUSIÓN

Respecto a las características de los frutos y semillas del algodón nativo de fibras de color verde, lila y marrón. El número de lóculos por bellota, el número de semillas por bellota y la ausencia de pilosidad en el tegumento de la semilla, indican que la variedad de fibra marrón exhibe características asociadas a los cultivos domesticados. Resultados que evidencian un incremento en el peso, tamaño y número de semillas²⁴. Estos datos concuerdan con los reportes de otros investigadores quienes indican que la variedad *G. hirsutum*, es posible encontrar entre 26 y 36 semillas⁴, existiendo aproximadamente 100 semillas en 9.91 g³⁰. Otros autores señalan que *G. barbadense* suele presentar entre 3 a 4 lóculos mientras que *G. hirsutum*, la variedad más domesticada evidencia entre 4 a 5 lóculos¹⁰.

El menor número de lóculos y semillas por bellota en las variedades de fibra de color lila y verde, indican que corresponde a plantas silvestres o de domesticación incipiente, en las cuales se evidencian estructuras de defensa como pelos, un menor número de semillas y un tamaño pequeño de frutos y semillas. Aspectos que coinciden con los reportes de *G. barbadense* y *G. raimondi*²⁹. Los linters acercan a la variedad de fibra verde a la nativa de *G. hirsutum*, debido a que este carácter es común en algodones de fibra corta¹⁰.

La uniformidad del porcentaje de germinación y la elevada tasa de emergencia, para la variedad de fibra marrón indica un mayor grado de domesticación. Aspectos que no se visualizan en las variedades de fibra verde y lila cuyos valores tanto en emergencia y germinación fueron menos uniformes, indicando una domesticación incipiente²⁴.

La mayor energía germinativa evidenciada por el índice de Czabator en la variedad de fibra marrón (Tabla 2), indica un mayor nivel de actividad y capacidad durante la germinación y emergencia. Investigadores definen de buen comportamiento a esta clase de semillas, siendo característico de los cultivos de mayor domesticación los cuales evidencian mayor vigor^{22,23}. Lo cual no se evidencia en semillas de plantas silvestres. Otros investigadores, trabajando en la variedad *G. hirsutum*, demostraron que la reducción del vigor y del poder germinativo, se debe a la presencia de linters, los cuales afectan la calidad biológica de las semillas²¹.

La mayor y la menor viabilidad evidenciada por el test de tetrazolio, según la intensidad de tinción, indica que la variedad de fibra marrón presencié un mayor número de semillas viables de elevado vigor a comparación del resto de variedades. Debido a la declinación de la energía

germinativa, la variedad de fibra lila fue la que presentó un mayor número de semillas no viables de bajo vigor¹⁹. Las semillas de elevado vigor y viabilidad muestran sus embriones de color rojo carmín, debido a una reacción química de óxido-reducción entre el 2,3,5-trifeniltetrazolio con los tejidos vivos que respiran, originándose la formación de trifenil formazán²⁴. Mientras que en los tejidos muertos, sin respiración, la reacción no se efectuó y no se registró cambio de coloración en el embrión, esto fue observado en mayor proporción en la variedad de fibra lila y verde.

Las diferencias significativas para las variables porcentaje de germinación y emergencia encontrados mediante el análisis de varianza, indican la existencia de diferentes comportamientos en las variables evaluadas²⁴. La mayor uniformidad en la germinación y emergencia de la variedad de fibra de color marrón está indicando su alto grado de domesticación y una mayor calidad en sus semillas respecto a las anteriores. Por ello, se concluye que la variedad marrón presentó los valores más altos en el porcentaje de germinación (92%), emergencia (74.6%), vigor (83.2%) y viabilidad (80%), así como, el mayor número de lóculos (3.1) y semilla por bellota (21.7) comparado con el resto de variedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vásquez L. Caracterización morfo-taxonómica y fenología del algodón de color (*Gossypium barbadense* L.). En: XIV Cong Nac Botánica. Trujillo, Perú .2012; p.23.
2. Cortijo A, Cancio I. Innovación tecnológica para recuperar el algodón nativo de color. Rev Ingeniería Industrial 2012; 30: 225-245.
3. Rojas I, Cuzquen C, Delgado G. Propagación clonal in vitro enraizamiento de estacas de algodón nativo (*Gossypium barbadense*). Rev Acta agronómica 2014; 62(4): 312-320.
4. Usach L, Bencardini J. El algodón. Rev RECITEIA 2005; 5: 4-47.
5. Gutiérrez M, Trujillo B, Pérez D, Márquez A, Pacheco W. Colecta y rescate del conocimiento local de algodones nativos en las costas de los estados Falcón y Aragua, Venezuela. Rev Agronomía Trop 2009; 59: 59-71.
6. Doria J. Generalidades sobre las semillas: Su producción, Conservación y su Almacenamiento. Rev Cultivos Tropicales 2001; 31:74-85.
7. Salazar C. Caracterización de semillas de *Quillaja saponaria* Mol., para distintas procedencias de la octava región. Tesis Ing° Forestal. Universidad de Concepción (Chile).1998.
8. Navarro M, Febles G, Verena T. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. Rev Pastos y Forrajes 2012; 35(3): 233-246.
9. Cordero D, Trujillo J. Viabilidad de semillas de *Bombacopsis quinata* y *Tabebuia rosea* en laboratorio y su relación con el comportamiento en vivero. Res Semana Científica CATIE. Instituto tecnológico Costa Rica.1995.
10. Rodríguez I, Adam G, Durán M. Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor de las semillas. Rev Agropecuaria 2008; 78: 836-842.
11. Silva M, Toselli M, Casenave E. Poder germinativo del algodón, una tecnología al alcance del consumidor. Rev Cultivos Tropicales 2011; 33: 41-45.
12. Salinas R, Yoldjian M, Craviotto M, Bisaro V. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de las semillas de soya. Rev Pesquisa Agropec Bras. 2001; 36(2): 371-379.
13. Quino P. Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. procedentes de la costa de Oaxaca. Tesis Ing° Agrónomo. Universidad de Veracruzana, México. 2003.
14. Spoljaric M, Ojeda D. Evaluación de parámetros de calidad en semillas de *Prosopis alba* almacenadas en cámara de frío del banco de germoplasma de INTA Sáez Peña. Tesis Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Formosa. 2009.
15. Vieitez C. El uso del cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolium para determinar la vitalidad del polen. Rev Anales Edafol & Fisiol Veget 1952; 12(12): 1033-40.
16. Benito M, Herrero S, Jiménez I, Peñuelas R. Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de *Pinus pinea*: Test de Tetrazolio e Índigo Carmín. Rev Sociedad Española de Ciencias Forestales 2004; 17: 23-28.
17. Navarro M, Febles G, Verena T. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. Rev Pastos y Forrajes 2012; 35(3): 233-246.
18. Lezcano J, Navarro M, Gonzáles Y, Alonso O. Determinación de la calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú almacenadas al ambiente. Rev Pastos y Forrajes 2007; 30: 107-118.

19. Gómez R .Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de Diomate (*Astronium graveolens* Jacq.), sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento. Resum Inf Invest. Universidad Nacional de Colombia. 2004.
20. Méndez N , Alorcés N. Características de la bellota , semilla y fibra de ocho cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) bajo condiciones de sabana. Rev Fav Agron LUZ 2007; 24: 285-293.
21. Aristizábal L, Álvarez P. Efecto del deterioro de la semilla sobre el vigor, crecimiento y producción del maíz (*Zea mays*). Rev Agronomía 2006; 14: 17-24.
22. Coronel E, Berdaguer J, López G. Nuevo proceso de deslizado químico de semilla de algodón, Su impacto ambiental y sustentabilidad en el proceso de desarrollo. Resúm Inf Invest Universidad Nacional de Santiago del Estero, España.1998.
23. Pérez M, Arguello A. Determinación del vigor por tetrazolio en semillas de mani (*Arachis hypogaea* L.) bajo condiciones distintas de almacenamiento. Rev Agroscentia 1997; 14:19-24.
24. Abdi H, Lynnes W. Enciclopedia del Diseño de la Investigación: Prueba Newman-Keuls y Prueba de Tukey.EE.UU: Edit. Thousand Oaks C.A. 2010.

Correspondencia:
Eloy López Medina. elopez@unitru.edu.pe