

Estudio ecofisiológico de semillas de interés agroforestal

✉ Jorge A Sánchez¹, Bárbara C Muñoz¹, Laura A Montejo¹,
José A Fresneda², Jorge Reino³

¹Departamento de Ecología Funcional, Instituto de Ecología y Sistemática (IES),
Carretera de Varona km 3½, Capdevila, Boyeros, AP 8029, CP 10800, La Habana, Cuba
E-mail: ecologia.ies@ama.cu

²Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT),
Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba

³Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey",
Ministerio de Educación Superior, Matanzas, Cuba

RESUMEN

La germinación de las semillas tiene una gran diversidad de comportamiento ante las distintas condiciones ambientales. El comportamiento heterogéneo de las semillas se atribuye fundamentalmente a diferencias genéticas, a las condiciones de maduración, al tamaño de las semillas, a la intensidad de la dormancia, etc. En este trabajo se describe por primera vez un sistema de investigación sobre ecofisiología de la germinación, que aborda aspectos teóricos y prácticos, y posibles salidas tecnológicas para la eliminación de la dormancia seminal, el incremento de la germinación, el establecimiento y la producción de las plantas (rendimientos) mediante procedimientos de bajos insumos. Este sistema ha sido aplicado con éxito en semillas de 78 especies de interés: a) agrícola (24 hortalizas y 4 frutales); b) 17 leguminosas forrajeras; c) 8 plantas aromáticas; y d) de ecosistemas naturales (22 de bosques y 3 de costa). De los resultados alcanzados los siguientes constituyeron nuevos reportes a escala mundial: 1) combinación de tratamientos hídricos y de choque en semillas de hortalizas y especies forestales pioneras con vista a incrementar su germinación y establecimiento bajo condiciones controladas de estrés (calórico, hídrico, lumínico y barrera física para la emergencia de la plántula), campo y vivero; 2) establecimiento de patrones morfonutricionales y fisiológicos cuantificables en especies forestales; 3) determinación de la existencia del *continuum* r-K de estrategias sucesionales dentro del grupo de árboles pioneros tardíos mediante variables seminales; y 4) aplicación del concepto del tiempo hídrico en semillas de especies forestales pioneras previamente sometidas a tratamientos robustecedores de hidratación-deshidratación. Además, parte de los resultados obtenidos se encuentran protegidos bajo la ley en el Centro Nacional de Derecho de Autor.

Palabras claves: dormancia seminal, ecología de semillas, estrategia sucesional, estrés ambiental, tratamientos pregerminativos

Introducción

La semilla es un componente vital de la dieta del hombre y los animales en todo el mundo. Por tanto, no es sorprendente que los estudios de biología de la semilla sean uno de los más investigados dentro del campo de la fisiología de las plantas [1]. En el ámbito mundial, los estudios con semillas se enmarcan fundamentalmente en los siguientes temas de investigación: 1) determinación de los procesos bioquímicos-fisiológicos que involucran a los procesos de germinación, dormancia y envejecimiento seminal; 2) estudios de ecofisiología de la germinación; y 3) aplicación de tratamientos pregerminativos que brinden soluciones prácticas y rápidas para eliminar dormancia, e incrementar y sincronizar la germinación y el establecimiento de las plántulas.

Estas tres líneas de investigación se han desarrollado fundamentalmente en países desarrollados o llamados del Primer Mundo. En cambio, en los países subdesarrollados las investigaciones han estado encaminadas fundamentalmente a brindar soluciones prácticas. En Cuba, los estudios se han realizado en la tercera línea de investigación y estos se han efectuados principalmente por instituciones relacionadas con planes agrícolas y forestales. Por consiguiente, existe poco conocimiento sobre aspectos ecofisiológicos de las semillas y menos aún sobre la aplicación de tratamientos pregerminativos del tipo fisiológico para incrementar la tolerancia de las plantas a las condiciones desfavorables del ambiente (*i.e.*, calor, sequía y salinidad).

Un grupo de investigadores del Instituto de Ecología y Sistemática ha trabajado desde 1990 en investigaciones sobre ecofisiología de la germinación y aplicación de tratamientos pregerminativos en un gran número de especies silvestres y agrícolas cuyos mecanismos germinativos se desconocen o existe muy escasa información. También ha trabajado en temáticas relacionadas con el establecimiento de patrones morfonutricionales y fisiológicos en las semillas, en la aplicación de técnicas de diagnóstico precoz de grados de resistencia de las plántulas al calor, la sequía y a la salinidad, y recientemente, ha combinado tratamientos fisiológicos de las semillas (hídricos, térmicos y ácidos) para incrementar la germinación y el establecimiento de las plantas. La mayoría de los resultados han sido publicados en diferentes revistas nacionales e internacionales y han dado lugar a dos propuestas de metodologías de investigación de aplicación práctica [2-4].

El objetivo del presente trabajo consistió en proponer por primera vez un sistema de investigación sobre ecofisiológica de la germinación para realizar estudios en semillas de interés agroforestal. La implementación de este sistema no sólo permitirá tener mayor conocimiento sobre la biología de la semilla, sino también brindará soluciones prácticas (sencillas y rápidas) para resolver los principales problemas que presentan los investigadores y productores de semillas

1. Bewley, JD (1997). Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* (1997);9: 1055-66.

2. Muñoz B, Sánchez JA, Montejo L, Herrera-Peraza R. Características morfológicas y fisiológicas de semillas de *Prunus occidentalis*. Comparación entre especies de diferentes estrategias sucesionales. *Ecotropicos* (2001);14:1-10.

3. Sánchez JA, Muñoz B, Fresneda J. Combined effects of hardening hydration-dehydration and heat shock treatments on the germination of tomato, pepper and cucumber. *Seed Science and Technology* (2001a);29:691-7.

4. Sánchez JA, Orta R, Muñoz B. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense* (2001b);25:67-92.

en temas relacionados fundamentalmente con: la **conservación** *ex situ*, la dormancia, la germinación, la dispersión, la longevidad, el heteromorfismo y la aplicación de tratamientos ecofisiológicos de bajos insumos a las semillas con vista a estimular la germinación, el crecimiento, el establecimiento y el rendimiento de las plantas.

Materiales y métodos

Los trabajos se iniciaron en el año 1990, en el contexto de tres proyectos nacionales: "Incremento de los rendimientos en hortalizas por aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación", "Utilización de tratamientos pregerminativos en semillas envejecidas y frescas para la regeneración e incremento de la germinación" y "Estrategias regenerativas y aplicación de tratamientos pregerminativos en semillas de especies forestales pioneras de la Sierra del Rosario"; este último estuvo vinculado a un proyecto internacional financiado por el comité MAB-UNESCO (Francia). "Strategies for regeneration of principal forest pioneer species under adverse ecological conditions of the Sierra del Rosario Biosphere Reserve, Cuba".

Se utilizaron semillas frescas y envejecidas de plantas de interés agroforestal que habitan en ecosistemas agrícolas y naturales (Tabla 1). Estas especies representan plantas endémicas, y de distribución neotropical y pantropical. Los ensayos de germinación se realizaron acorde a las normas internacionales para trabajar con semillas [5]. La aplicación de los tratamientos de hidratación-deshidratación se realizó de acuerdo a los modelos de imbibición parcial en agua desarrollado en Cuba por Orta *et al.* (1998) [6] y Sánchez *et al.* (1999) [7]. En total se estudiaron 78 *taxas*; de éstos, 46 corresponden a la categoría de especie y 32 se reconocen como variedades. Se estudiaron variables morfonutricionales y germinativas de las semillas, de vigor de plántulas y de producción de frutos (rendimientos).

Resultados y discusión

A partir de la colecta y obtención de las semillas el sistema de investigación consta de cinco pasos fundamentales (Figura 1), en los cuales se determinan los principales efectos del ambiente (biótico y abiótico) que pueden intervenir en la respuesta ecofisiología de las semillas a un ecótopo en particular. Sin embargo, los ensayos con semillas no tienen por qué contener todos los pasos propuestos en dicho sistema o flujo de investigación; para cada especie, variedad o lote particular de semilla el esquema de trabajo dependerá del conocimiento inicial que se tenga sobre la biología de la semilla y de las salidas prácticas que se quieran obtener.

Los principales resultados alcanzados con el sistema de investigación sobre ecofisiología de la germinación propuesto son:

1. Incremento de la germinación, el establecimiento y los rendimientos de diferentes variedades de tomate, pimiento, pepino y calabaza por aplicación de tratamientos acondicionadores y robustecedores de hidratación-deshidratación.

2. Combinación de los tratamientos hídricos y de choque térmico en semillas de hortalizas y de especies forestales pioneras con vista a incrementar su

Tabla 1. Nombre científico de las especies estudiadas agrupadas por temáticas. El grupo de ecosistemas naturales está integrado por las siguientes formaciones vegetales: bosque siempreverde mesófilo, bosque semidecíduo, bosque pluvial esclerófilo, bosque de galería, pinares, matorral xeromorfo espinoso, costas arenosas y manglares

Nombre científico	Nombre científico
ECOSISTEMAS NATURALES	HORTALIZAS Y FRUTALES
<i>Andira inermis</i> Kunth	<i>Capsicum annum</i> L.
<i>Calophyllum antillanum</i> Britt	4 variedades
<i>Calophyllum inophyllum</i> L.	<i>Carica papaya</i> L.
<i>Calophyllum pinetorum</i> Bisse	4 variedades
<i>Calophyllum utile</i> Bisse	<i>Cucumis sativus</i> L.
<i>Callicarpa oblanceolata</i> Urb.	3 variedades
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	<i>Cucurbita maxima</i> Duch
<i>Cecropia schreberiana</i> Miq.	2 variedades
<i>Clusia callosa</i> Britt	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill
<i>Clusia tetragyna</i> Vesque	15 variedades
<i>Conocarpus erectus</i> L.	LEGUMINOSAS FORRAJERAS
<i>Chiococca cubensis</i> Urb.	<i>Centrosema macrocarpum</i> var. CIAT-5065
<i>Diospyros philippensis</i> (Desr.) Guercke	<i>Centrosema plumieri</i> Benth
<i>Dracaena cubensis</i> M. Vict.	<i>Centrosema pubescens</i> Benth
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	4 variedades
<i>Guettarda ferruginea</i> Wr. ex Griseb	<i>Clitoria ternatea</i> L.
<i>Muntingia calabura</i> L.	<i>Crotalaria brownii</i> var. 681
<i>Prunus occidentalis</i> Sw.	<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth
<i>Psychotria revoluta</i> DC.	<i>Desmanthus ovalifolium</i>
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F. Cook	<i>Desmanthus virgatus</i> Willd
<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) DeWit
<i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Fryxell	<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.
<i>Trema micrantha</i> L.	<i>Mimosa invisa</i> Mart
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill	<i>Neonotonia wightii</i> var. Tinaroo 73
<i>Uniola paniculata</i> L.	<i>Stylosanthes guianensis</i>
AROMÁTICAS	<i>Teramnus labialis</i> (L.f.) Spreng
<i>Eugenia rhombea</i> Berg	
<i>Gonzalagunia sagraeana</i> Urb.	
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	
<i>Myrica cerifera</i> L.	
<i>Pimenta dioica</i> Merr	
<i>Picramnia pentandra</i> Sw.	
<i>Smilax mollis</i> Kunth	
<i>Suriana maritima</i> L.	

germinación y establecimiento bajo condiciones controladas de estrés calórico, hídrico, lumínico y barrera física para la emergencia de la plántula.

3. Aplicación de la técnica de diagnóstico precoz de grados de resistencia al calor, la sequía y a la salinidad en 13 variedades de tomate.

4. Revigorización de semillas envejecidas de hortalizas, leguminosas, forestales y frutales por aplicación de tratamientos de hidratación-deshidratación.

5. Establecimiento de patrones morfonutricionales y fisiológicos cuantificables en especies forestales.

6. Determinación de la existencia del *continuum r-K* de estrategia sucesionales dentro del grupo de árboles pioneros tardíos.

7. Caracterización de la respuesta germinativa de especies agroforestales a diferentes termoperíodos y fotoperíodos.

8. Comprobación de la correlación que se establece entre el heteromorfismo seminal, la dormancia, la germinación y el vigor de las plántulas de especies forestales y de costa.

9. Determinación de la longevidad potencial de especies forestales pioneras.

10. Determinación de los mecanismos de dispersión de especies forestales pioneras y de estadios avanzados de la sucesión.

5. International Seed Testing Association, ISTA. International rules for seed testing. Seed Science and Technology (1999); 27, supplement.

6. Orta R, Sánchez JA, Muñoz B, Calvo E. Modelo de hidratación parcial en agua para tratamientos revigorizadores, acondicionadores y robustecedores de semillas. Acta Botánica Cubana (1998); 121:1-8.

7. Sánchez JA, Calvo E, Muñoz B, Orta R. Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas y sus efectos en la conducta germinativa del tomate, pimiento y pepino. Cultivos Tropicales (1999);20:51-9.

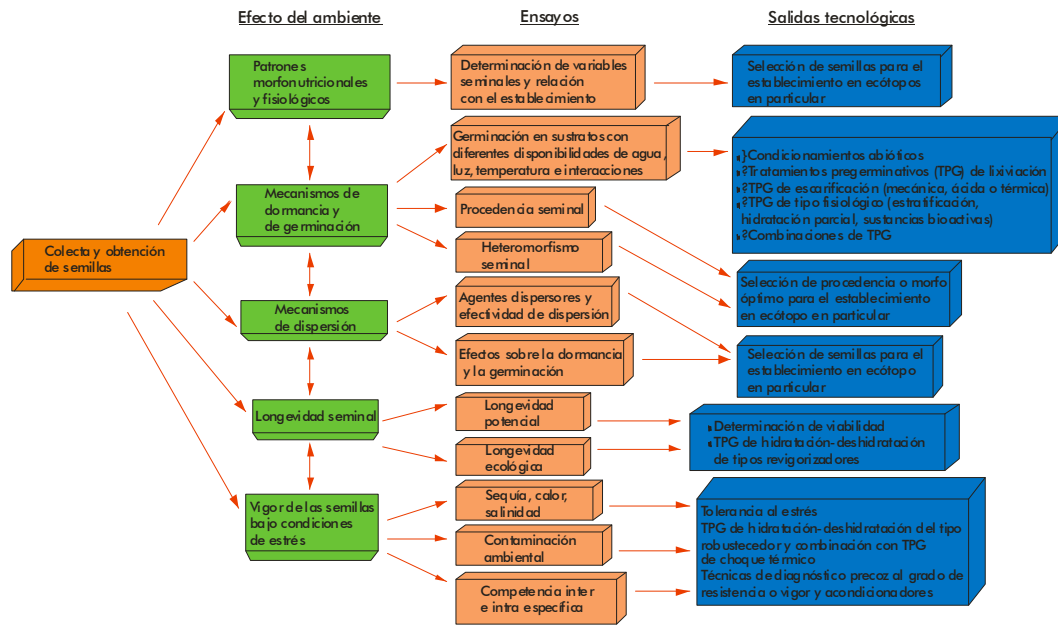


Figura 1. Diagrama de flujo para las investigaciones sobre ecofisiología de semillas de interés agroforestal.

11. Comprobación de la efectividad de los tratamientos hidratación-deshidratación en combinación o no con los de choque térmico para incrementar el vigor de las plantas de especies forestales en condiciones de vivero y de campo.

12. Aplicación del modelo del tiempo hídrico en semillas de especies forestales pioneras previamente sometidas a tratamientos robustecedores de hidratación-deshidratación.

13. Formación de técnicos y profesionales del Ministerio de la Agricultura y del Ministerio de Educación Superior en técnicas de aplicación de tratamientos hidratación-deshidratación y metodología para el estudio de la germinación.

Todos los resultados obtenidos son completamente novedosos para la ciencia en Cuba y los resultados 2, 5, 6, 11 y 12 son aportes nuevos para la ciencia. El resultado 3 consistió en la adaptación y aplicación de dicha técnica a 13 variedades de tomate cultivadas en Cuba, además, se incluyó una nueva condición de estrés (salinidad).

Del presente estudio se derivan importantes aportes en las siguientes esferas:

Ambiental: Se propician el uso sostenible y mejor aprovechamiento de la biodiversidad cubana de los bosques húmedos tropicales y la aplicación de métodos agrícolas orgánicos para la regeneración de especies de interés agroforestal; esto favorecería el uso de especies autóctonas (*i.e.*, plantas endémicas) en los planes de reforestación en áreas deforestadas y degradadas. También la determinación del comportamiento germinativo de las especies estudiadas bajo condiciones ecológicas extremas brinda una medida de la estrategia regenerativa y tolerancia de dichas especies frente a incrementos de la temperatura y estrés hídrico del sustrato, como se propone en los posibles escenarios de cambio climático [8]. Aspectos considerados en la Estrategia

Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba [9].

Económico: La aplicación de tratamientos de hidratación parcial en agua de las semillas permite reducir el tiempo de estancia de las plantas en vivero, debido al incremento en altura de los individuos. Esto conlleva a un ahorro importante en recursos materiales, al minimizar el riego y no emplear insumos químicos durante el tratamiento de las semillas y la estancia de las plantas en vivero. Esta técnica emplea agua corriente como único estimulador de la germinación y emergencia de las plántulas, por tanto contribuye a una disminución potencial de los costos en los planes de reforestación. También los tratamientos duplican los rendimientos en especies de hortalizas sin la utilización de fertilizantes químicos, ni plaguicidas.

Científico: Se obtuvieron resultados de impacto científico no sólo para Cuba, sino en el ámbito internacional. Entre estos resultados se encuentran: una propuesta de metodología para la identificación de los grupos de funcionamiento ecológicos de plantas forestales pioneras tempranas y tardías, basada en patrones seminales cuantificados; nuevos enfoques sobre tipos de dormancia que además de su valor científico, contribuyen a la comprensión de los procesos de regeneración de los bosques tropicales; la aplicación de tratamientos hídricos en combinación con los de choque térmico en semillas de especies arbóreas y de hortalizas es totalmente novedoso, y también resulta una herramienta científica para las investigaciones sobre ruptura de dormancia seminal y adaptación de estas plantas a condiciones extremas.

Finalmente, parte de los resultados se encuentran protegidos bajo la ley en el Centro Nacional de Derecho del Autor los cuales abarcan temáticas relacionadas con los patrones morfológicos y fisiológicos de las semillas, nuevos enfoques sobre tipos de dormancia y aplicación de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación y choque térmico.

8. Gitay H, Suárez A, Waston R, Dukken DJ. Climate change and biodiversity. IPCC Technical paper V, Intergovernmental Panel on Climate Change (2002).

9. Vilamajó D, Vales M, Capote RP, Salabarría D. Estrategia nacional para la diversidad biológica y plan de acción en la República de Cuba. Editorial Academia (2002). p.88.