



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Morfometría, germinación y desenvolvimiento post seminal
de *Pseudosamanea cubana* (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose)
Barneby & J.W. Grimes.

Autor (a): Karelis Rodríguez Prol

Tutor (a): M. Sc. Mabelkis Terry Rosabal

Matanzas, 2022

PENSAMIENTO

“La tierra es la gran madre de la fortuna.”

“Tierra, cuanto haya debe cultivarse: y con varios cultivos, jamás con uno solo. Industrias, nada más que las naturales y directa.”

“En la agricultura como en todo, preparar bien ahorra tiempo, desengaños y riesgos (...) Quien abona bien su tierra, trabaja menos, tiene tierra para mas tiempo y gana mas (...) he aquí, pues una ventaja para los agricultores y una industria nueva de posible provecho y comercio.”

José Martí.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo, Karelis Rodríguez Prol, soy la única autora de este Trabajo de Diploma por lo que autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____

DEDICATORIA

A mis padres que siempre han estado ahí para mí en los buenos y malos momentos, por sus consejos y sus buenas críticas, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional, a mi esposo e hija que me han hecho crecerme en esta vida y colocarme como un espejo para ella en su futuro.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora M.Sc. Mabelkis Terry Rosabal que desde un principio está a mi lado siendo mi guía, gracias por brindarme tus consejos y tu sabiduría.

A mi pequeña hija por tenerme paciencia y entender con tan poca edad que mama tenía que estudiar, gracias mi princesa.

Agradezco a toda mi familia por todo su apoyo y a todas mis amistades que en mis momentos de dudas han sabido darme fuerzas para continuar, en general a todas y cada una de las personas que creyeron en mí y me vieron con la capacidad de desarrollarme como una buena profesional.

A todos mis compañeros de aula que siempre nos hemos apoyado para seguir a delante, a ustedes gracias por su amistad.

OPINIÓN DEL TUTOR

La conservación de la flora cubana es una tarea de importancia nacional, regional y mundial; de acuerdo con las estrategias y convenios mundiales, así como de la Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad y los lineamientos del PCC.

En este contexto, la gestión, la creación de capacidades y conservación de las especies endémicas y en categoría de amenaza, sus poblaciones y los hábitats donde se desarrollan, es un reto para la preservación de los ecosistemas.

El Trabajo de Diploma realizado por la estudiante Karelia Rodríguez Prol responde a la necesidad de salvaguardar los recursos naturales para futuras generaciones, pues los resultados de esta investigación revelan la importancia del estudio de la especie *Pseudosamanea cubana* (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose) Barneby & J.W. Grime, endemismo de Cuba y catalogada en Peligro crítico de extinción, como base para la formulación de estrategias de conservación ex situ e in situ. El conocimiento de la biología de las semillas no solo es relevante para los proyectos de restauración ecológica, sino que también es clave para entender los procesos de coexistencias de las especies, el impacto del cambio climático en la regeneración, la capacidad de tolerancia de las especies nativas a las invasiones vegetales y el ensamblaje de las comunidades.

La aspirante durante el proceso de realización del trabajo de tesis mostró independencia, creatividad y dedicación en la redacción del documento, en la búsqueda bibliográfica y en la ejecución del experimento, por lo que se considera que la estudiante es merecedora del Título de Ingeniera Agrónoma.

M. Sc. Mabelkis Terry Rosabal

Tutora

RESUMEN

Pseudosamanea cubana (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose) Barneby & J.W. Grimes, es un género monotípico de la familia *Fabaceae*, es una especie endémica de Cuba, catalogada en Peligro crítico de extinción, recientemente se encontró una nueva localidad en Punta Guanos, en la costa norte.

Con el objetivo de contribuir a su propagación y conservación, se estudiaron características morfológicas de las semillas y requerimientos germinativos. La germinación fue evaluada en condiciones de campo. Se determinó el efecto de la estratificación en agua caliente. Se confirmó la presencia de dormancia física en la especie. La misma se comportó como fotoblástica y temperatura indiferente. La aplicación de agua caliente incremento la germinación. La caracterización del recurso genético mediante las mediciones morfológicas y germinación constituye uno de los pasos iniciales para la conservación y protección del germoplasma y ayudarán a hacer más predecibles y exitosos los resultados de los proyectos de restauración.

Palabras claves: *Pseudosamanea cubana*, dormancia y germinación

SUMMARY

Pseudosamanea cubana (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose) Barneby & J.W. Grimes, is a monotypic genus of the *Fabaceae* family, it is an endemic species of Cuba, catalogued as Critically Endangered, a new locality was recently found in Punta Guanós, on the north coast. In order to contribute to its propagation and conservation, morphological characteristics of the seeds and germination requirements were studied. Germination was evaluated under field conditions. The effect of hot water stratification was determined. The presence of physical dormancy in the species was confirmed. It behaved as photoblastic and indifferent temperature. The application of hot water increased germination. The characterization of the genetic resource through morphological and germination measurements constitutes one of the initial steps for the conservation and protection of germplasm and will help make the results of restoration projects more predictable and successful.

Keywords: *Pseudosamanea cubana*, dormancy and germination.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Localización, taxonomía y descripción botánica de la especie <i>Pseudosamanea cubana</i>	3
2.2 Categoría de amenaza de <i>Pseudosamanea cubana</i> (Britton & P. Wilson).....	4
2.3 Biología de las semillas	4
2.4 Dormancia de las semillas. Clases de dormancia seminal	6
2.4.1 Papel ecológico de la dormancia	9
2.4.2 Dormancia y tratamientos pregerminativos	10
2.5 Germinación de las semillas	12
2.5.1 Factores ambientales que controlan la germinación	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Sitio de estudio y recolección del material vegetal.....	17
3.2 Morfometría de las semillas	18
3.3 Implementación del tratamiento pregerminativo	18
3.4 Germinación en condiciones de campo bajo luz y sombra.....	18
3.5. Establecimiento y supervivencia de las plántulas	20
3.6. Análisis estadístico de los resultados.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1 Morfometría de los frutos y semillas	22
4.2 Germinación en condiciones de campo bajo luz y sombra.....	23
4.3 Desenvolvimiento post seminal de <i>Pseudosamanea cubana</i>	25
IV CONCLUSIONES	26
V. RECOMENDACIONES	27
VI. Referencias bibliográficas	28
ANEXOS	36

Introducción

I. INTRODUCCIÓN

Cuba ocupa el cuarto lugar a nivel mundial entre las islas con mayor diversidad vegetal, cuenta con unas 7 500 especies de plantas por lo que la conservación de la flora cubana es una tarea de importancia nacional, regional y mundial; de acuerdo con las estrategias y convenios mundiales, así como de la Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad y los lineamientos del PCC (González, *et al.*, 2013).

La explotación histórica de los bosques de Cuba ha producido una fuerte disminución de las áreas naturales y se ha obtenido un patrón de fragmentación de los mismos. Los efectos biológicos de la fragmentación de bosques se enfatizan sobre: las condiciones microclimáticas de los fragmentos, la abundancia de algunas especies y las interacciones biológicas, los que afectan la diversidad biológica existente.

Pseudosamanea cubana (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose) Barneby & J.W. Grimes (Britton *et al.*, 1996), es un género monotípico de la familia *Fabaceae* que pertenece a la subfamilia Mimosoideae y es una especie endémica de Cuba (The Plant List, 2021), su distribución es muy restringida y disyunta hacia montes secos del oriente y el occidente de Cuba (Bässler, 1998). Aparece en la costa sur de las provincias de Granma, Santiago de Cuba, Guantánamo, Matanzas y Mayabeque (Bässler, 1998, Greuter y Rankin, 2017) y también registro del Herbario Nacional de Cuba (HCA), la ubican en la región central de la provincia de Matanzas (Municipio Pedro Betancourt). Recientemente se encontró una nueva localidad para *P. cubana* en Punta Guanós, localizada en la costa norte de Matanzas, Cuba (J. Sánchez, comunicación personal, 18 de septiembre, 2022).

El proceso de reproducción de plantas es una etapa fundamental en la conservación de las especies cuya propagación se realiza por vía sexual y que responde a diferentes objetivos: refuerzo de poblaciones como apoyo a la conservación *in situ*, regeneración para la reposición de accesiones o creación de nuevas poblaciones, y de colecciones vivas *ex situ* o para estudios científicos. Estas acciones argumentan la necesidad de trabajos hacia la conservación de *Pseudosamanea cubana*, a partir de los estudios de sus semillas. La caracterización del recurso genético mediante las mediciones morfológicas y

germinación constituye uno de los pasos iniciales para la conservación y protección del germoplasma (Young *et al.*, 2017) y ayudarán a hacer más predecibles y exitosos los resultados de los proyectos de restauración (Barak *et al.*, 2018; Kildisheva *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*; 2018).

PROBLEMA PROFESIONAL:

¿Cuáles son los rasgos morfológicos y los requerimientos germinativos que presentan las semillas de *Pseudosamanea cubana*?

HIPÓTESIS CIENTÍFICA:

Las semillas de *Pseudosamanea cubana* presentan variabilidad morfométrica, con dormancia física e inherente a la luz y temperatura.

OBJETIVO GENERAL:

Caracterizar la morfología de las semillas y requerimiento germinativo de *Pseudosamanea cubana* (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose) Barneby & J.W. Grimes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Caracterizar las variaciones morfológicas de las simientes de la especie *Pseudosamanea cubana*.
2. Evaluar la efectividad del tratamiento escarificación con agua caliente sobre la dormancia de las semillas.
3. Describir la fenología de la germinación de la especie en condiciones luz y sombra.

Revisión Bibliográfica

2. DESARROLLO

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Localización, taxonomía y descripción botánica de la especie *Pseudosamanea cubana*.

La especie *Pseudosamanea cubana* se localiza en Cuba occidental, en las provincias de Mayabeque y Matanzas; en Cuba oriental, provincias de Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo (Greuter y Rankin, 2017).

Pseudosamanea cubana (Britton & P. Wilson) Barneby & J. W. Grimes, es sinonimia de *Albizia cubana* Britton & P. Wilson y *Pithecellobium bacona* Urb., pertenece al orden Fabales, familia *Fabaceae*, subfamilia *Mimosoidae*, es un género monotípico, única especie y endémico de Cuba (Greuter y Rankin, 2017).

Barneby y Grimes (1996) refieren que la especie objeto de estudio, es un árbol perenne no trepador, los nombres vernáculos son Almiquí y Bacona, que se encuentran en bosques estacionalmente secos caducifolios y sabanas de palmeras y a lo largo de cursos de aguas por debajo de los 50 m. Se considera a la especie no pionera teniendo en cuenta su mecanismo de regeneración y su hábitat de preferencia es seco (Sánchez *et al.*; 2018).

Books *et al.*, (2020), plantean que *P. cubana*, sirve de sustrato a otras especies endémicas y amenazadas, fundamentalmente del género *Tillapsia*. En la Reserva de la Biosfera Baconao se encuentra en zonas boscosas cerca de los márgenes de los dos ríos de importancia del área, Cajobabo y Papayo, donde se contabilizaron más de 150 individuos y no se observaron plántulas y juveniles de la especie amenazada. Además, refieren que sobre la especie existe presión por su comercio (artesanía, medicinal, maderable).

Figueredo *et al.*, (2015) reportan al analizar los tipos biológicos en la Reserva de la Biosfera Baconao, que la especie *Pseudosamanea cubana* es micro-mesofanerófita (Mc-MsP), es una planta leñosa cuyas yemas de reemplazo se encuentran por encima de los 50 cm del nivel del suelo, alcanzando 10 m de altura.

Análisis filogenómico reciente, (Ringelbert *et al.* 2022), plantean que el género *Pseudosamanea* presenta follaje macrophyllidius con flores pequeñas, corroboran las similitudes muy evidentes con *Albizia carbonaria* de los capítulos umbelados con flores periféricas claramente pediceladas y una sola flor central sésil agrandada, el indumento furriginoso de las ramitas, ejes de las hojas, pedúnculos, flores y vainas, la distintiva corteza exfoliante y los frutos planocomprimidos y la textura de papel de las vainas. Foliolos descoloridos con una sola nervadura central con venación secundaria pinnada. Frutos estipitados, indehiscentes o tardíamente dehiscentes. Las poliadas de *P. cubana* indica que tiene 24 células (Guinet y Grimes (1997), la fruta se describe de 24-30 semillas (Barneby y Grimes, 1996). Estos autores también hacen referencia al tamaño de la flor; corola de flores periféricas de 11 mm de largo y 13 mm de ancho, pedicelo de las flores periféricas exteriores de 4-6,5 mm, los filamentos estaminales de 25-27 mm y tamaño del fruto de 12-22 x 2-4,5 cm.

2.2 Categoría de amenaza de *Pseudosamanea cubana* (Britton & P. Wilson)

Books *et al.*, (2020), proponen como objeto de conservación de la flora a *P. cubana*, con categoría de En Peligro crítico. Por otra parte, Figueredo (2016), refiere que la especie, es un árbol bandera, endemismo multisectorial de oriente y occidente, categorizada En Peligro.

A nivel nacional se han establecido metas de conservación dirigidas a la protección de este endemismo. Además, que se requiere incrementar el nivel de conocimiento, en un período de cinco años. La población se encuentra con poca colecta, baja representatividad en los herbarios y de distribución puntual; es por ello que se convierten en objeto de conservación que comparten un mismo tipo de acción inmediata de manejo que es la relocalización de sus poblaciones (Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental, 2010, Centro Nacional de Áreas Protegidas, 2013).

2.3 Biología de las semillas

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran

generación tras generación. Son también la unidad móvil de la planta (Doria, 2015).

Vozzo, (2016) plantea que las semillas son entidades dinámicas y tridimensionales, y su morfología es el resultado de procesos fisiológicos y ambientales. La configuración física (tamaño, forma, distribución y estructura tanto de los tejidos como de órganos) influencia, en diferentes etapas ontogénicas, la naturaleza y eficiencia de las actividades funcionales.

El conocimiento de la biología de las semillas no solo es relevante para realizar proyectos de restauración ecológica, sino que también es clave para entender los procesos de coexistencias de las especies, el impacto del cambio climático en la regeneración, la capacidad de tolerancia de las especies nativas a las invasiones vegetales y el ensamblaje de las comunidades (Willis *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2016; Gioria y Pyšek, 2017).

Doria (2015) refiere que para que la semilla cumpla con su objetivo, es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfogenéticos, cuyo resultado final es la germinación de la semilla.

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (Obregón, 2017).

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluye la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas. A su vez, la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula (Chong *et al.*, 2014). Estos autores plantean, además, que las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, aun cuando presentan condiciones favorables para ello, lo cual se debe a que las semillas se encuentran en estado de latencia.

2.4 Dormancia de las semillas. Clases de dormancia seminal

Se considera que una semilla se encuentra en estado dormantes cuando por razones inherentes a su desarrollo morfológico, composición y estructura de sus cubiertas, la existencia de mecanismos fisiológicos inhibitorios, o la combinación de más de uno de estos factores, determinan que el proceso de germinación no ocurra a pesar de que las condiciones físicas del medio: humedad, temperatura, iluminación, etc., sean óptimas para ello (Nikolaeva, 1977; Baskin y Baskin, 2014). Este estado también se conoce como dormancia innata o primaria de las semillas.

La dormancia seminal posiblemente sea el rasgo o característica interna de la semilla que tenga mayor influencia sobre la propagación de las plantas en condiciones de vivero o durante su domesticación (Baskin y Baskin, 2005a; 2014; Kildisheva *et al.*, 2019). Esta característica adaptativa está presente en cerca del 70% de las plantas con semillas (Baskin y Baskin, 2014); pero se conoce muy poco para las plantas silvestres, en particular para aquellas procedentes de ecosistemas tropicales. Aunque no siempre la dormancia es la responsable de la no germinación. Por ejemplo, la presencia de semillas vanas, la latencia seminal y la dormancia secundaria también pueden afectar la germinación (Baskin y Baskin, 2005a).

Para la obtención de un protocolo óptimo de germinación es importante el conocimiento de las clases de dormancia que pueden presentar las semillas. El sistema de clasificación de dormancia de semillas más completo fue desarrollado por Nikolaeva (1969; 1977) y posteriormente reorganizado por Baskin y Baskin (2004) en clases, niveles y tipos. En la actualidad se reconoce seis niveles jerárquicos que van desde división, subdivisión, clases, subclases, niveles y tipos de dormancia (Baskin y Baskin, 2014a). Esta última clasificación es la más empleada a nivel mundial y reconoce las clases de dormancia como el nivel principal con cinco clases: 1) la dormancia fisiológica (PD), que sucede en especies con semillas permeables al agua y embrión desarrollado, pero que germinan después de los 30 días; 2) la dormancia morfológica (MD), presente en semillas con embriones subdesarrollados (i.e., el embrión debe crecer antes de germinar) y germinan en menos de 30 días; 3) la dormancia morfofisiológica (MPD), que sucede en semillas con embriones subdesarrollados y con

dormancia fisiológica; 4) la dormancia física (PY), que son semillas con cubiertas seminales (o del fruto) impermeables al agua, pero con embriones desarrollados y no dormantes, y 5) la dormancia combinada (PY + PD), que está presente en semillas con embriones completamente desarrollados, pero presentan cubiertas seminales impermeables al agua y embriones con dormancia fisiológica. Las semillas que tienen dormancia combinada necesitan más de 30 días para germinar después de ser eliminada la PY.

Para la identificación de las clases de dormancia seminal, Baskin y Baskin (2003, 2014), también desarrollan una clave dicotómica que emplea información sobre el tiempo de germinación, el tamaño, forma y desarrollo del embrión, la permeabilidad al agua de la unidad de la dispersión (semillas/fruto) y el tiempo de emergencia del tallo. De acuerdo con dichos autores, se considera que la semilla presenta embrión poco desarrollado cuando este es pequeño, pero tiene órganos diferenciados (i.e., radícula y cotiledones), y la relación entre el tamaño del embrión con respecto al largo total de la semilla ($E: S$) solo abarca una fracción ($E: S \leq 0.5$). Estos embriones según su forma pueden ser rudimentarios, lineales o espatulados (Baskin y Baskin, 2007), aunque es válido aclarar que no todas las semillas con embriones pequeños (baja $E: S$) son subdesarrollados (Baskin y Baskin, 2005b), este deberá crecer antes que ocurra la emergencia de la radícula. Por su parte, se considera que un embrión es totalmente desarrollado cuando ocupa más del 50% de la cavidad seminal ($E: S > 0.5$), o la totalidad de la semilla, y pueden ser de forma lineal, espatulado, invertido, doblado y plegado. De igual forma, Baskin y Baskin (2014) señalan que es importante la identificación de un embrión rudimentario, lineal subdesarrollado o espatulado subdesarrollado, pues las semillas con uno de estos tres tipos de embriones podrían presentar MD o MPD. Por el contrario, las semillas no dormantes, o que tienen PD, PY o combinación PY+PD, pueden mostrar embriones desarrollados de tipo lineal, espatulado, doblado, inverso y plegado.

En correspondencia con la anterior, la PD se debe a la inhibición fisiológica del embrión, es decir, el embrión no tiene suficientes fuerzas para atravesar las paredes de las cubiertas de la semilla/fruto o del endospermo. En este sentido, se han propuesto diversas causas que pueden provocar que las estructuras de coberturas del embrión impidan la germinación. Entre ellas se destacan procesos

que reducen la velocidad de imbibición, que restringen el movimiento de oxígeno, la presencia de inhibidores, las barreras físicas para el crecimiento del embrión, los cambios en las estructuras de cubiertas del embrión y las interacciones que se producen entre el embrión y las estructuras de cubiertas (Baskin y Baskin, 2014). En las semillas con PY la impermeabilidad de las cubiertas se debe a la presencia de una o más capas de células lignificadas o suberizadas en el parénquima en empalizada (Baskin *et al.*, 2000). Por último, en las semillas con MD o MPD en el momento de la dispersión (o máxima maduración del fruto), el embrión puede estar en tres condiciones: 1) diferenciado, tiene radícula y cotiledón (es) pero es subdesarrollado, debe crecer antes de la emergencia de la radícula; 2) indiferenciado pero posteriormente se diferencia, aunque todavía está subdesarrollado y debe crecer antes de la aparición de la radícula y 3) embrión indiferenciado que nunca se diferencia en un eje embrionario hipocótilo-radícula *per se*. Los dos primeros casos se presentan en semillas con embriones subdesarrollados de tipos lineales, rudimentarios y espatulados (Baskin y Baskin, 2005b).

En cambio, en el último caso el polo del embrión se alarga para finalmente emerger de las semillas. Este mecanismo de germinación ocurre en plantas con ciclos de vida especializados, como son las parasitarias y las orquídeas, que pueden producir plántulas a partir de embriones indiferenciados con dormancia morfológica o morfofisiológica especializada (Baskin y Baskin, 2007).

Cabe destacar que en un mismo lote de semillas puede existir una o varias clases de dormancia, como sucede en *Talipariti elatum*, donde aparecen semillas no dormantes (ND), con PY y semillas con PD (Sánchez *et al.*, 2009a). También la profundidad de la dormancia (nivel) puede cambiar dentro de cada clase, dependiendo de las condiciones ambientales a las que están expuestas las plantas madres durante el desarrollo de las semillas o diásporas (Baskin y Baskin, 2004; Nikolaeva, 2014). De este modo, la frecuencia de aparición de la dormancia puede ser muy variable, particularmente como ocurre en semillas con PY (Jaganathan, 2016), o bien en semillas con dormancia cíclica; esta última condicionada en función de las señales ambientales que perciben las semillas y solo aparece en semillas con PD no profunda o con MPD no profunda simple (Baskin y Baskin, 2014).

2.4.1 Papel ecológico de la dormancia

El papel ecológico de la dormancia seminal es que permite distribuir o extender la germinación en el tiempo y el espacio, lo cual se logra a través de los diferentes grados (profundidad) y clases de dormancia que puede presentar una población de semillas (Sánchez *et al.*, 2019).

Baskin y Baskin, (2014a), refieren que la dormancia es un rasgo de la semilla cuyo papel ecológico primordial es evadir la incertidumbre del ambiente (condiciones adversas) y con esto asegura que la germinación solo ocurra cuando todas las condiciones sean óptimas para el establecimiento de las plántulas; por otra parte, según Baskin y Baskin, 2005; Kildisheva *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2018, en ocasiones este rasgo seminal es el principal obstáculo, en condiciones de vivero, para obtener una germinación rápida y sincrónica.

La dormancia de las semillas está bajo una fuerte presión de la selección natural para asegurar la máxima adecuación biológica de las especies y con ello minimizar riesgos en ambientes impredecibles (Willis *et al.*, 2014; Huang *et al.*, 2016). También este rasgo puede facilitar la colonización de nuevos hábitats al permitir que las especies ajusten el momento de germinación bajo diferentes regímenes estacionales o en ambientes novedosos (Donohue *et al.*, 2010).

Con los estudios de los mecanismos de regeneración de las plantas no solo se identifican los requerimientos germinativos de cada especie, sino también los filtros ambientales que contribuyen a la permanencia o exclusión de las especies en un hábitat en particular (Baskin y Baskin, 2014; Erickson *et al.*, 2017; Barak *et al.*, 2018). También dichas investigaciones permiten conocer los mecanismos de coexistencia de las especies en condiciones naturales y su comportamiento frente a los posibles escenarios ambientales inducidos por el cambio climático (Sánchez *et al.*, 2015a; Jiménez *et al.*, 2016). De este modo, el mejor entendimiento de los rasgos de semillas y sus efectos sobre la germinación, la emergencia y el establecimiento de las plantas, ayudarán a hacer más predecibles y exitosos los resultados de los proyectos de restauración (Young *et al.*, 2017; Barak *et al.*, 2018; Kildisheva *et al.*, 2018).

Wang *et al.*, (2009) encontraron una influencia de la filogenia (13,6%), modo de dispersión (11,9 %) y en una menor medida del peso de la semilla (3,6%) y el

hábitat (0,2%) en los requerimientos de germinación. Esto indica que características inherentes de las especies deben desempeñar un papel prominente en la evolución de las estrategias de la germinación, pero los factores estocásticos como condiciones ambientales también son presiones de selección importantes. El modo de dispersión también ha sido relacionado con requerimientos de germinación; (Soltani *et al.*, 2018) indicaron que semillas dispersadas por el viento (anemocoria) germinan en mayor medida que las semillas con dispersión por barocoria (dispersión de la semilla por su propio peso) y zoocoria (dispersión por animales). En plantas de zona templada del hemisferio sur, Figueroa (2004) encontró una mayor dependencia del frío en especies dispersadas por viento que en especies dispersadas por animales. Schmidt (2000) señala que la anemocoria prevalece en bosques abiertos y entre pioneras, pero también en algunas especies de bosque lluvioso en clímax de la familia *Dipterocarpaceae*; mientras que la zoocoria ocurre en todo tipo de bosque, pero más que todo en bosques cerrados y estables como bosque lluvioso, bosques de monzón o sabanas (Schmidt, 2000).

Adicionalmente, se han hecho estudios en los cuales se ha detectado influencia de la forma de vida (Figueroa, 2004), la filogenia y el hábitat (Bu *et al.*, 2008).

2.4.2 Dormancia y tratamientos pregerminativos

A nivel mundial, las clases de PD y PY son las más frecuentes en especies empleadas en los viveros para la reforestación y restauración ecológica (Baskin y Baskin, 2005a). En consecuencia, existe una gran variedad de tratamientos pregerminativos que eliminan ambos mecanismos de dormancia y también aceleran y sincronizan la germinación.

Según Sánchez *et al.* (2019), entre los tratamientos pregerminativos más utilizados y efectivos se destacan los de escarificación de cubiertas con ácido sulfúrico, con agua hirviendo y los de escarificación mecánica total o parcial de las cubiertas seminales o del fruto. Pero también se emplean con éxito choques térmicos, alternancia de temperaturas y soluciones con fitohormonas (fundamentalmente con ácido giberélico, AG3).

Estos autores refieren, además, que los tratamientos de escarificación de cubiertas igualmente son adecuados para eliminar dormancia combinada de

nivel no profundo, pues eliminan al mismo tiempo el impedimento para la entrada de agua a las semillas y para la emergencia de la radícula.

La PY se presenta en especies que ocupan ambientes secos, estacionales o extremos y se identifican fácilmente mediante pruebas de imbibición. Cuando la hidratación de las semillas no es significativa o simplemente no se hidratan se dice que presentan PY (Baskin *et al.*, 2000). Actualmente se proponen dos niveles de PY (no profundo y profundo) en correspondencia con el contenido de humedad de la semilla en la dispersión, el tamaño de la semilla y el grosor de las cubiertas seminales (Jaganathan, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018).

Las especies con dormancia combinada (PY + PD) no son tan abundantes. Los tratamientos pregerminativos para eliminar dormancia combinada son aquellos que involucran la eliminación de la PY y al mismo tiempo la PD (Baskin *et al.*, 2000). Aunque, algunos autores plantean que primero se debe eliminar la PY y después la PD, también se presentan especies en que primero se debe eliminar la PD (Baskin y Baskin, 2014). Por su parte, los tratamientos pregerminativos adecuados para eliminar MD o MPD son los tratamientos de estratificación húmeda en arena, suelo o en cualquier soporte que brinde una adecuada humedad a las semillas. Estas clases de dormancia son típicas de especies de sitios húmedos; pero en menor frecuencia pueden aparecer en especies de sitios secos donde germinan en micrositios con cierta protección (Kos *et al.*, 2012). De ahí, que el tratamiento pregerminativo más empleado sea sencillamente sembrar o colocar las semillas en un sustrato con humedad y una temperatura adecuada (estratificación) para la germinación. La estratificación puede ser en caliente o en frío, o en una combinación de ambas temperaturas; pero en especies de sitios tropicales resulta muy útil temperaturas superiores a 20°C (Sánchez *et al.*, 2019).

De lo anteriormente, queda bien establecido que el conocimiento de estas clases de dormancia es el primer paso para domesticar o propagar por semillas las plantas nativas en condiciones de vivero; para después, aplicar tratamientos pregerminativos convencionales que eliminen la dormancia y por último emplear técnicas avanzadas que mejoren la producción y el vigor de las plántulas (Sánchez *et al.*, 2019).

2.5 Germinación de las semillas

La fase de semilla es la etapa más importante del ciclo de vida de las plantas superiores en cuanto a supervivencia; la latencia y la germinación son mecanismos naturales que aseguran éstos. Con frecuencia, la semilla está bien equipada para sobrevivir largos períodos de condiciones desfavorables y el embrión está protegido por una o varias capas de otros tejidos. Estos incluyen el endospermo, el perispermo, tegumentos y tejidos del fruto, los cuales protegen al embrión de daño físico y lo nutren (en el caso del endospermo); todos contribuyen a diseminar las semillas después de la abscisión. Estas capas juegan un papel importante en la regulación de la latencia y la germinación. Para muchas especies arbóreas nativas del hemisferio norte, con las semillas madurando y dispersándose desde el final del otoño, hasta el principio de la primavera, la latencia es una característica adquirida para llevarlas a través de las condiciones invernales listas para germinar la siguiente primavera. De manera similar, para las semillas de especies de árboles tropicales que maduran y se dispersan durante la estación seca y caliente, la latencia evita la germinación hasta la llegada de la estación lluviosa (Michael *et al.*, (s/f).

Para que la germinación ocurra, deben satisfacerse determinadas condiciones, Baskin y Baskin (2001), madurez de la semilla, cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico, la semilla debe ser viable, las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables: agua, temperatura, oxígeno y luz, libre de dormancia, las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias (ausencia de agentes patógenos).

Los procesos metabólicos relacionados con la germinación son la respiración y movilización de las sustancias de reserva (Melgoza *et al.*, 2003). Respiración: Tres rutas respiratorias glucólisis, ciclo de las pentosas fosfato y ciclo de Krebs son funcionales en las semillas embebidas. Estas producirán una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, así como considerables cantidades de energía y poder reductor. El objetivo principal del proceso respiratorio es la formación de ATP y pirimidín nucleótidos, necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación. La semilla seca muestra una escasa actividad respiratoria, aumentando el consumo de O₂ después de iniciada la imbibición. A partir de este momento, el proceso

respiratorio de las semillas puede dividirse en cuatro fases (Salvador y Lloret, 1995): Fase I: se caracteriza por un rápido incremento en la respiración, que generalmente se produce antes de transcurridas 12 h desde el inicio de la imbibición. El aumento en la actividad respiratoria es proporcional al incremento de la hidratación de los tejidos de la semilla. El principal sustrato utilizado en esta fase es, posiblemente, la sacarosa. Fase II: la actividad respiratoria se estabiliza entre las 12 y 24 h desde el inicio de la imbibición. Probablemente las cubiertas seminales, que todavía permanecen intactas, limitan la entrada de O₂. La eliminación de la testa puede acortar o anular esta fase. Fase III: se produce un segundo incremento en la actividad respiratoria, que se asocia a la mayor disponibilidad de O₂, como consecuencia de la ruptura de la testa producida por la emergencia de la radícula. Otro factor que contribuye a ese aumento es la actividad de las mitocondrias, recientemente sintetizadas en las células del eje embrionario. Fase IV: en esta última fase tiene lugar una acusada disminución de la respiración, que coincide con la desintegración de los cotiledones, después que han exportado las reservas almacenadas.

Se pueden reconocer tres distintos comportamientos de germinación de semillas: epígeo, hipógeo e intermedio. Además, del comportamiento desconocido relativamente, de germinación criptógea que se encontró en varias especies de árboles y arbustos que crecen en los trópicos de sabana (Smith *et al.*, 2010). Estos autores consideran que la germinación epígea es rápida y sincrónica y se presenta cuando los cotiledones son sacados sobre la tierra debido al alargamiento del hipocótilo, las semillas son pequeñas, de menos de 1 cm de largo en contraste con el modo más lento de criptógea, que es más frecuente en las semillas más grandes. La germinación hipógea ocurre solamente en las semillas de latifoliadas en las cuales los cotiledones permanecen debajo de la tierra mientras que el epicótilo se alarga y germinación intermedia (entre epigea e hipógea) en la que se puede distinguir dos tipos. En el primero, la testa se rompe y la radícula emerge a través del final de la cicatriz y se desarrolla en una raíz pivotante, entonces los cotiledones se despliegan para soltar el brote que se está desarrollando y en el segundo, los cotiledones permanecen dentro de la testa, pero son elevados sobre la tierra. Y la germinación criptógea, este tipo de germinación de semilla, en el cual nuevos

brotos surgen debajo de la tierra a pesar de que la semilla germinó en la superficie. Este último, según (Smith *et al.*, 2010), se desarrolló como una adaptación a un medio ambiente sometido por largo tiempo a quemas anuales y sirve para reducir la pérdida de agua.

2.5.1 Factores ambientales que controlan la germinación

La comprensión de la biología de la semilla es el paso previo para el establecimiento de protocolos óptimos de germinación que permitan la propagación o domesticación de las especies nativas. Este proceso biológico apenas se conoce para especies tropicales. Por consiguiente, para muchos investigadores este es el principal obstáculo para la introducción de nuevas especies nativas en los planes de reforestación y restauración ecológica (Larson y Funk, 2016).

En condiciones de vivero o semicontroladas, muchas son las causas que pueden impedir o retardar la germinación, entre ellas se destacan: las características propias o inherentes de las semillas (dormancia seminal) y las condiciones ambientales durante la siembra (temperatura, humedad, iluminación, etc.). Pero también estos mismos factores ambientales y su interacción con los biológicos pueden afectar la germinación y el establecimiento de las plántulas (Finch y Bassel, 2015; Mitchell *et al.*, 2017). El conocimiento de los mecanismos de germinación nos permitirá estar en mejores condiciones para la manipulación tanto de las especies cultivadas, como las silvestres (Mitchell *et al.*, 2017).

2.5.1 Humedad

El agua es esencial para la rehidratación de las semillas, como un paso inicial de los eventos pregerminativos; se considera el factor ambiental más importante en la germinación (Bewley *et al.*, 2013). Es el medio para procesos bioquímicos que conducen a la germinación, como el debilitamiento de la testa, activación de enzimas y descomposición de las reservas de alimento (Baskin y Baskin, 2014).

La germinación de la semilla asociados con la absorción de agua muestra cuatro etapas: (1) activación metabólica (20%), ocurre la síntesis de proteínas a gran escala del mRNA, se activa la actividad mitocondrial y el metabolismo de aminoácidos y (40%) se completa la actividad mitocondrial y la síntesis de proteínas, ocurre la hidrólisis de almidones y nueva síntesis de mRNA (2)

preparación para el alargamiento celular (60%), ocurre la biosíntesis-diferenciación a gran escala de la membrana, agrandamiento del sistema vacuolar, acumulación de soluto por osmosis e hidrólisis de proteínas de almacenamiento (3) emergencia de la radícula (70%), se debilita las cubiertas extra embrionarias, se incrementa la actividad mitocondrial, división mitocondrial, división nuclear, biosíntesis de celulosa, debilitamiento, alargamiento de la pared celular y acidificación de la pared celular (4) crecimiento de la plántula (80%), proteínas ADN a gran escala, síntesis de membrana y pared y integración hormonal de la utilización y translocación de reservas (Paredes, 2007).

2.5.2 Temperatura

La temperatura influye sobre el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas, es uno de los factores más críticos que afectan la germinación. Aunque las semillas de cada especie tienen temperaturas óptimas para la germinación máxima, pueden alcanzar un régimen de temperaturas alternantes de un día de 8 horas a 30°C con luz, y una noche de 16 horas en oscuridad a 20°C (International Seed Testing Association (ISTA), 1996).

La temperatura influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. Por ello, las semillas solo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la de crecimiento (Ramón y Mendoza, 2013).

2.5.2 Luz

La luz es un factor importante para la germinación de la semilla, con efectos positivos y negativos. El efecto promocional de la luz es a través de una sola fotorreacción controlada por el fitocromo de pigmento azul. El fitocromo existe en dos formas fotoconvertibles: P2, que absorbe luz @ 660nm; y Pfr, la luz roja lejana que absorbe luz @ 730nm. Para que la luz sea eficaz, la humedad de la semilla debe alcanzar un nivel límite (Mitchell *et al.*, 2017).

Las plantas que colonizan los claros presentan mecanismos adaptativos que les permiten “explorar” o “determinar” las condiciones ambientales idóneas para la germinación y el establecimiento de las plántulas (Vázquez y Orozco, 1994). Entre los mecanismos más sobresalientes se encuentran: los adaptativos para

determinar la alternancia de temperatura y los que les permiten a las semillas responder a los niveles de luz que llegan al suelo. En este último caso, existe un grupo de plantas que presentan semillas cuya germinación es sensible a los cambios de la composición espectral de la luz y se conocen como fotoblásticas (Bewley *et al.*, 2013). Según el tipo de respuesta a la luz, las semillas se han clasificado en: 1) fotoblásticas positivas, que no germinan en la oscuridad, 2) fotoblásticas negativas, su germinación se ve inhibida por la luz blanca, y 3) fotoblásticas indiferentes, especies que llevan a cabo su germinación en cualquier condición de iluminación (Côme, 1970).

Materiales y métodos

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio y recolección del material vegetal

La recolecta se realizó en el remanente del matorral xeromorfo costero y subcostero de Punta Guanós, al norte de la provincia de Matanzas (23°, 91' N, 81° 38' W), con 345 ha de extensión (Fig. 1). Esta vegetación se encuentra sobre la llanura cársica costera en condiciones muy secas, con registros medios de precipitación entre 900 y 1600 mm (Sánchez *et al.*, 2022). La vegetación se encuentra sobre la llanura cársica costera en condiciones muy secas, con registros medios de precipitación entre 900 y 1600 mm. Según mapa de suelos del Ministerio de la Agricultura (MINAG) 1:25 000, los suelos predominantes en el área son ferralítico rojo típicos sobre caliza dura, saturados, poco profundos, humificados, sobre arcilla caolinítica, muy rocosos y de ondulados a llanos.



Figura 1. Mapa satelital del área Punta Guanós. Foto tomada Ilsa M. Fuentes Marrero. 2022.

Se colectaron frutos maduros de *Pseudosamanea cubana* (Fig. 2), provenientes de cinco ejemplares adultos, después de caer de las plantas madres de forma natural. Los frutos fueron depositados en una bolsa de papel (Müller *et al.*, 2011), marcados con la procedencia (lugar, fecha de colecta, descripción del área de colecta e individuo) y trasladados para el laboratorio de Botánica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas. Para el beneficio de los frutos, se colocaron sobre papel periódico para la limpieza que consistió en la separación de restos de hojas, ramas y material inerte, se descartaron las que presentaron ataques de insectos o patógenos, daños en el embrión y/o en el endospermo. Posteriormente se procedió a abrir las legumbres para extraer las semillas manualmente. Luego se seleccionaron las semillas de color blanco,

característica que infieren la madurez y estado viable de las mismas (J. Sánchez, comunicación personal, 12 de septiembre de 2022).



Figura 2. Frutos y semillas de *Pseudosamanea cubana* (Britton & P. Wilson ex Britton & Rose) Barneby & J.W. Grimes.

3.2 Morfometría de las semillas

Se tomaron al azar 25 frutos y 25 semillas a las cuales se les determinaron, de manera individual el largo y ancho, además del conteo de las simientes en cada legumbre, así como la varianza de estas dimensiones. La medición se realizó con ayuda de regla graduada.

3.3 Implementación del tratamiento pregerminativo

Para el experimento se seleccionan 25 semillas para la prueba de control y 25 semillas para el tratamiento.

Teniendo en cuenta que para especies de la familia *Fabaceae*, las semillas presentan dormancia física (por impermeabilidad de las cubiertas al agua) se procede a la inmersión en agua caliente (100 °C) durante 1', retirando inmediatamente el recipiente de la fuente de calor y se dejó enfriar hasta que alcanzó la temperatura ambiente (Baskin, 2003).

3.4 Germinación en condiciones de campo bajo luz y sombra

Para la evaluación de la germinación, se realiza la siembra directamente en germinadores individuales (Samperio, s/f) (Rodríguez, 2010), el sustrato utilizado fue de ferralítico rojo típico con 20% de materia orgánica totalmente

descompuesto que se adiciona después de tamizar el suelo mezclándolo hasta lograr uniformidad teniendo cuidado de que éstos estuvieran sueltos para evitar que las arcillas pesadas formaran terrones compactos (Fig.3) (Ávila *et al.*, 1979).



Figura 3. Germinadores de *P. cubana*.

Se empleó un diseño de bloques al azar conformado por cuatro bloques y un tratamiento (referido en el acápite anterior). La distancia entre los bloques y entre tratamiento fue de 50 cm, respectivamente:

T1: Control semillas sin tratamiento bajo luz

T2: Control semillas sin tratamiento bajo sombra

T3: semillas con tratamiento bajo luz

T4: semillas con tratamiento bajo sombra

El riego fue realizado en horas tempranas de la mañana, excepto los días lluviosos y de alto porcentaje de humedad relativa.

La temperatura ambiente y humedad relativa del suelo del sitio se registraron diariamente, mediante un termómetro y tensiómetro, respectivamente.

Por germinación se refiere a un mínimo de 2 mm de protrusión de la radícula. El conteo de las semillas germinadas se efectuó diariamente (Smith *et al.*, 2013). Se realizaron conteos de germinación durante 30 días, T (día en el que se alcanzó el mayor % de germinación), se determinó el porcentaje de germinación final, la velocidad de germinación (T30) según Maguire (1962) y el porcentaje de semillas muertas, esta última variable según las normas del ISTA (2007).

Para expresar los requerimientos de luz en la germinación se calculó el índice de germinación relativo a la luz (GRL) (Milberg *et al.*, 2000), donde $GRL = GL / (GO + GL)$, siendo GL el porcentaje de germinación a la luz y GO el porcentaje

de germinación en sombra. Para ello, se tomaron los valores promedio de la germinación a la luz y a la sombra en el rango de temperatura óptimo para la germinación (donde se obtuvo el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible). El índice de GRL varía entre 0 (germinación solo en sombra) y 1 (germinación solo a la luz). Según Funes *et al.* (2009), si el índice GRL es superior a 0.75, se considera que la especie es dependiente de la luz (fotoblástica positiva); si es menor a 0.25, se considera repelente de la luz (fotoblástica negativa); y si el valor está entre 0.25 y 0.75, se establece como indiferente a la luz.

3.5. Establecimiento y supervivencia de las plántulas

Porcentaje de brotación (PB)

Se evaluó mediante observación directa, se contó cada una de las plántulas brotadas por unidad investigativa y esto se relacionó con el número de semillas sembradas y se expresó en porcentaje.

Porcentaje de sobrevivencia (PS)

Se determinó en base al número de plantas que sobrevivieron a los 30 días de realizada la siembra, en relación de las que inicialmente brotaron, se expresó en términos de porcentaje.

Longitud del tallo (LT)

Esta variable se registró con la ayuda de una regla métrica midiendo la distancia desde la base de planta hasta el ápice, a los 30 días de germinadas y se expresó en cm.

Longitud de la raíz principal (LR)

Se registró con la ayuda de una regla métrica midiendo la distancia desde el cuello hasta ápice radicular de todas las plántulas.

Largo del limbo de la plúmula (LL)

Variable que se registró en cm, con la ayuda de una regla métrica midiendo la distancia desde la inserción del limbo con el pecíolo hasta su ápice, a los 30 días de germinadas.

3.6. Análisis estadístico de los resultados

A los datos numéricos de los muestreos realizados de cada variable medida se le realizó un análisis descriptivo, resaltando entre las medidas de posición la media y entre las medidas de variación el error estándar, usando el programa STATGRAPHIC. Plus versión 5.0. También se determinó el intervalo de confianza de la media. Las variables medidas son: ancho y largo de los frutos, ancho y largo de las semillas para la morfometría de los frutos y semillas y longitud de la plántula, longitud de la raíz principal, longitud del tallo y longitud de la plúmula para la caracterización de las plántulas tomando en cuenta para ambos casos la obtención de la media (\bar{X}) y error estándar (E_s).

Resultados y discusión

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Morfometría de los frutos y semillas

Los datos morfométricos obtenidos de los frutos y semillas se muestran en el anexo 1.

Como se refleja en la tabla 1, los valores mínimos y máximos para el largo y ancho de los frutos fueron de 10,5 mm y 18,7 mm y 2,2 mm y 3,0 mm con un error estándar de 0,02, respectivamente.

Torres *et al.*, (2022) refieren que el tamaño del fruto es un rasgo a tener en cuenta para su recolección y manejo. Además, estos autores, refiriéndose a la especie objeto de estudio de esta investigación plantearon que los frutos no sobrepasan los 50 mm, que los mismos son conocido popularmente como vainas, que es un fruto monocarpelar, se abren por la sutura ventral y por el nervio medio del carpelo, es polispermia y su forma es plana, alargada y comprimida. Por otra parte, Ringelbert *et al.*, (2022), refieren que los frutos presentan corteza exfoliante, son planocomprimidos y de textura parecido al papel.

Barneby y Grimes (1996) manifiestan en su investigación, que el tamaño del fruto de *P. cubana* es de 12-22x2-4,5cm.

Otros de los rasgos que se identificó es el número de semillas por fruto.

En este caso se encontró que la cantidad de semillas por legumbre esta entre 7 y 23 simientes, lo que coinciden con los datos obtenidos por Torres *et al.*, (2022). Martínez *et al.*, (2008) y Barneby y Grimes (1996) refieren que los frutos de *Pseudosamanea cubana* contienen de 24-30 semillas.

En el caso de las simientes se obtuvo como valores mínimos y máximos para el ancho y largo de 0,3mm y 0,5mm; 0,6 mm y 0,9 mm con un error estándar de 0,02, respectivamente.

Torres *et al.* (2022) refieren a que el tamaño de las semillas de *P. cubana* es de 7,13 mm.

Martínez *et al.*, (2008) describen a las semillas que poseen comúnmente una línea fisural en forma de herradura en cada cara.

Tabla 1. Datos morfométricos del fruto y la semilla.

Variables	Intervalos de confianza de la Media	Error estándar
Ancho/Fruto	$2,2 \leq M \leq 3,0$	$\pm 0,02$
Ancho/Semilla	$0,3 \leq M \leq 0,5$	$\pm 0,02$
Largo/Fruto	$10,5 \leq M \leq 18,7$	$\pm 0,02$
Largo/Semilla	$0,6 \leq M \leq 0,9$	$\pm 0,02$

Estos resultados significan que existe correspondencia entre los valores morfométrica obtenidos de las variables seleccionadas.

4.2 Germinación en condiciones de campo bajo luz y sombra

La germinación de las semillas depende de varios factores, algunos de ellos relacionados, tales como el ciclo biológico de las especies, el porte, el tamaño de las semillas, las variaciones diarias de la temperatura, la dormancia, etc. (Rossini et al., 2016).

En el periodo en que se efectuó el experimento, la temperatura y humedad relativa estuvo entre 31°C y 32 °C y de 2,7 %, bajo luz y sombra, respectivamente.

La germinación se inició a partir de la segunda semana y los mejores resultados fueron con las semillas con tratamiento, 88 % y 96 %, respectivamente (tabla 2, fig. 4).

Tabla 2. Resultados de la germinación de las semillas de *P. cubana*.

	T 1	T 2	T 3	T4
Semillas	25	25	25	25
Germinaron	3	5	22	24
%	12	20	88	96
Semillas muertas	22	20	3	1
%	88	80	12	4



Figura 4. Germinación de las semillas de *P. cubana*.

En el conteo de germinación mostró que a los 20 días se alcanzó el mayor porcentaje de germinación (34 %), la velocidad de germinación (Fig. 5) y la capacidad germinativa fue de 4,1 % y de 54 %, respectivamente.

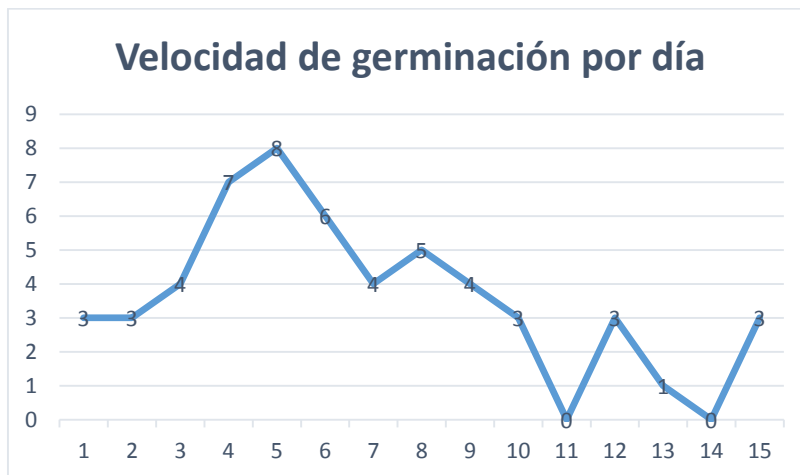


Figura. 5. Velocidad de germinación de las semillas de *P. cubana*

El índice de GRL calculado fue de 0,47 por lo que demuestra que las semillas de *P. cubana* son indiferentes a la luz.

La colecta no afectó significativamente el porcentaje de germinación final, aunque sí el porcentaje de semillas muertas. Ambas variables no se afectaron por los efectos luz y sombra, así como no hubo incidencia negativa con respecto a la temperatura y humedad relativa determinadas. Los resultados alcanzados

demuestran que el tratamiento pregerminativo utilizado fue efectivo lo que indica la dormancia física de las simientes.

Estos resultados corroboran lo obtenido por Sánchez *et al.*, (2019), los cuales refieren que la temperatura óptima para *P. cubana* es de 25-35 °C, que germinan igual a la luz que a la oscuridad, que tiene dormancia física (PY) (son semillas con cubiertas impermeables al agua), pero con embriones desarrollados y que germinan en menos de 28 días (Baskin y Baskin, 2014), aunque proponen como tratamiento pregerminativo la escarificación con ácido sulfúrico (98%) durante una hora.

Sánchez *et al.*, (2009), en un experimento demostró que *P. cubana* inicia la germinación a los 16,2 días de sembrada y que el porcentaje de germinación obtenido fue de 36,1% y que el tipo de emergencia es epigea carnosa, lo que se corresponde con los resultados alcanzados en esta investigación.

4.3 Desarrollo post seminal de *Pseudosamanea cubana*

Las plántulas establecidas se mantuvieron con el 100% de supervivencia y un ritmo de crecimiento de 0,2 mm por día, alcanzando de 5 a 6 cm de longitud (Fig.6), lo que demuestra que, aunque según Venier *et al.*, (2013), la emergencia y establecimiento de la plántula son etapas muy críticas en el ciclo de vida de las plantas, la aplicación de tratamientos pregerminativos en la especie provocó el crecimiento uniforme de las plántulas, corroborado por Montejo *et al.*, (2014) y Sánchez *et al.*, (2009a).



Figura 6. Plántulas de *P. cubana*.

Conclusiones

IV CONCLUSIONES

1. La caracterización morfológica de los frutos y semillas de *Pseudosamanea cubana* constituyen rasgos a tener cuenta para su recolección, manejo y estrategia de conservación de la especie.
2. Las semillas de *Pseudosamanea cubana* presenta dormancia física, por lo que requiere de la aplicación de tratamientos de escarificación para eliminar la impermeabilidad de las cubiertas.
3. La inmersión de las semillas en agua hirviendo, es un tratamiento óptimo para incrementar el proceso germinativo.
4. La especie es fotoblástica indiferente, por lo que no requiere la presencia de luz para la germinación de la semilla.

Recomendaciones

V. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios similares con semillas procedentes de otras poblaciones naturales.
2. Realizar estudios de fenología de la germinación en el área de distribución natural.
3. Evaluar la tolerancia de la especie a otros factores de estrés ambiental.

*Referencias
bibliográficas*

VI. Referencias bibliográficas

1. Ávila, J.; García, I.; González, E.; Rodríguez, J. y Durán, A. 1979. *Ecología y silvicultura*. Ciudad de la Habana. Editorial Científico – Técnica. 288 p.
2. Barneby, R. & Grimes, J. 1996. *Silk Tree, Guanacaste, Monkey' Earring*. The New York Botanical Garden, Bronx, New York.
3. Barneby, R. & Grimes, J.W. 1996. *Silk Tree, Guanacaste, Monkey's Earring*. The New York Botanical Garden, Bronx, New York.
4. Baskin, C. & Baskin, J. 2007. A revision of Martin's seed classification system, with particular reference to his dwarf-seed type. *Seed Science Research*. 17: 11-20.
5. Baskin J. & Baskin, C. 2003. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy. En: Smith RD, Dickie JB, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ. (eds.), *Seed conservation: turning science into practice*, 518-544, The Royal Botanic Gardens, Kew, London.
6. Baskin JM, Baskin CC, Li X. 2000. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*. 15: 139-152.
7. Baskin, C. & Baskin, J. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.
8. Baskin, C. & Baskin, J. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego.
9. Baskin, C. 2003. Breaking physical dormancy in seeds: focussing on the lens. *New Phytologist* 158(2): 229-232.
10. Baskin, C. & Baskin, J. 2001. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press, 666 p
11. Baskin, C. & Baskin, J. 2005. Seed dormancy in trees of climax tropical vegetation types. *Tropical Ecology*: 46: 17-28.
12. Baskin, C.& Baskin, J. 2014a. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, New York.

13. Baskin, J. & Baskin, C. 2007. A revision of Martin's seed classification system, with particular reference to his dwarf-seed type. *Seed Science Research*. 17: 11-20.
14. Baskin, J.; Baskin, C.; Li & X. 2000. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*. 15: 139-152.
15. Bassler, M. 1998. Mimosaceae. *Flora de la República de Cuba. Serie A. Plantas vasculares*. 2, Ruggell, Leechttenstein.: Ganther, 1998, Vol. 2.
16. Bewley, J.D.; Bradford, K.J.; Hilhorst, H.W. & Nonogaki H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. Springer, New York.
17. Bu, H.; Du, G.; Chen, X.; Xu, X.; Liu, K. & Wen, S. 2008. Community wide germination strategies in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet plateau: phylogenetic and life-history correlates. *Plant Ecology*. 195: 87-98
18. Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental. 2010. *Estrategia Ambiental Nacional de Cuba*. CIGEA. Agencia de Medio Ambiente. CITMA. 56 pp.
19. Centro Nacional de Áreas Protegidas .2013. *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020*, Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente, la Habana, Cuba. 366 pp.
20. Côme, D. 1970. *Les obstacles à la germination*. Masson Editeur, Paris. En: Sánchez, J. A.; Pernús, M.; Torres-Arias, Y.; Barrios, D. y Dupuig, Y. 2019. Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implicaciones para la restauración ecológica. *Revista Acta Botánica Cubana*. Vol. 218, No.2 (julio- diciembre 2019): 77-108.
21. Chong, C. y Bible, B. B. y Hak-Yoon Ju. 2014. Germination and emergence. *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker Inc p.85-146. ISBN: 0-8247-0546-7.
22. Donohue, K.; Rubio, R.; Burghardt, L.; Kovach, K. & Willis, C. 2010. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 41: 293-319.
23. Doria, J. 2015. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, vol. 31, no. 1, p. 74-8

24. Figueredo, L. 2016. Prioridades para la conservación de la diversidad vegetal de las terrazas costeras de la Reserva de la Biosfera Baconao, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas RNPS*: 2362 • ISSN: 2307-695X • VOL. 5 • No 1 • FEBRERO— SEPTIEMBRE
25. Figueredo, L. .2015. Diversidad florística de las terrazas costeras de la Reserva de la Biosfera Baconao. Propuesta de conservación. Tesis de Doctorado, Universidad de Alicante, España.
26. Figueroa, J. y Jaksic, F. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. [en línea] *Rev. Chilena Historia Natural*, 2004, vol. 77, no.1, p. 201-215. [Consultado: 5 de noviembre de 2022] Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?=-sci_arttext&tlng=pt>.
27. Finch, W. & Bassel, G. 2015. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal Experimental Botany*. 67:567-591.
28. Funes, G.; Díaz, S. y Venier, P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecología Austral*. 19: 129-138.
29. Gioria, M. & Pyšek, P. 2017. Early bird catches the worm: germination as a critical step in plant invasion. *Biological Invasions*. 19: 1055-1080.
30. González, L., Palmarola, A.; Barrios, D. 2013. TOP 50-Las 50 plantas mas amenazadas de Cuba. [ed.] Academia de Ciencias de Cuba. La Habana: Anuales de la Academia de Ciencias de Cuba, 2013. ISSN 2304-0106.
31. Guinet, P. & Grimes JW .1997. A summary of pollen characteristics of some new world members of the *Pithecellobium*-complex. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 74(2): 151–161.
32. International Seed Testing Association (ISTA).1996. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. & Technol.* Vol 24. Supplements Rules, 335 p.
33. International Seed Testing Association (ISTA). 2007. International rules for seed. *Seed Sci. & Technol.* Vol 31. Supplements Rules, 245 p.

34. Jaganathan, G. 2016. Influence of maternal environment in developing different levels of physical dormancy and its ecological significance. *Plant Ecology*. 217: 71-79.
35. Jaganathan, G.; Song, D. & Liu B. 2016. Diversity and distribution of physical dormant species in relation to ecosystem and life forms. *Plant Science Today*. 4: 55-63
36. Jiménez, B.; Silveira, F.; Fildelis, A.; Poschlod, P. & Commander, L. 2016. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *Journal of Vegetation Science*. 27: 637-645
37. Kildisheva, O.; Erickson, T.; Madsen, M.; Dixon, K. & Merritt, D. 2018. Seed germination and dormancy traits of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Australian Journal of Botany*. DOI:10.1111/plb.12892.
38. Kildisheva, O.; Erickson, T.; Madsen, M.; Dixon, K. & Merritt, D. 2018. Seed germination and dormancy traits of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Australian Journal of Botany*. DOI:10.1111/plb.12892
39. Kos M, Baskin CC, Baskin JM. 2012. Relationship of kind of seed dormancy with habitat and life history in the Southern Kalahari flora. *Journal of Vegetation Science*. 23: 869-879.
40. Larson JL, Funk JL. 2016. Regeneration: an overlooked aspect of trait-based plant community assembly models. *Journal of Ecology*. 104: 1284-1298.
41. Maguire, J. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177 En: González, L.; Zertuche, A. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya* Boletín de la Sociedad Botánica de México 58: 15-30. DOI: 10.17129/botsci.1484.
42. Martínez, A. y González, R. 2008. LEGUMINOSAE I. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. Fascículo 147.
43. Melgoza, A.; Royo, M. H.; Morales, C. R. y Sierra, J. S. Germinación de semillas de hierba loca (*Astragalus mollissimus* Torr) con diferentes niveles de humedad y temperatura. [en línea] *Tec. Pecu. Méx*, 2003, vol.

- 41, no. 1, p. 85-89. [Consultado: 20 de septiembre de 2022] Disponible en:<http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/pdf>
44. Milberg, P.; Andersson, L. & Thompson K. 2000. Large-seeded species are less
 45. Mitchell, J.; Johnston, I.G. & Bassel, G.W. 2017. Variability in seeds: biological, ecological, and agricultural implications. *Journal Experimental Botany*. 68: 809-817.
 46. Montejo, L.; Muñoz, B.; Sánchez, J.; Gamboa, A. 2014. Variabilidad seminal entre las especies de un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Bosque*. 31: 37-47.
 47. Müller, E., Cooper, E. J., & Alsos, I. G. 2011. Germinability of arctic plants is high in perceived optimal conditions but low in the field. *Botany*, 89(5), 337–348.
 48. Obregón, P. La germinación. [en línea] Monografías.com. Agricultura y ganadería, 2017. [Consultado: 14 de noviembre de 2022]. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos70/germinacion/germinacion.shtml>>.
 49. Nikolaeva MG. 1969. Physiology of deep dormancy in seeds. Nauka, Leningrado.
 50. Nikolaeva, M. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En: Khan AA (Ed.), *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, 51-74, Elsevier Biomedical, North-Holland, Amsterdam.
 51. Nikolaeva, M. 2014. On criteria to use in studies of seed evolution. *Seed Science Research*. 14: 315-320.
 52. Paredes, C. H. Bioquímica de la germinación. [en línea] Monografías.com. Agricultura y ganadería, 2007. [Consultado: 1 de noviembre de 2022]. Disponible en:<http://www.monografias.com/trabajos59/bioquimicagerminacion/bioquimicagerminacion2.shtml>
 53. Ramón, M y Mendoza, C. Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. *Rev. Fac. Agron.*, 2013, vol.19, no. 4, p. 264-272. ISSN 0378-7818. Disponible en: <<http://www.scielo.org.ve/scielo.php>> [Consultado el 11 de noviembre de 2022]

54. Rankin, R. y Greuter. W. 2017. Plantas Vasculares de Cuba. Inventario preliminar. Berlin, Germany: Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin Zentraleinrichtung der Freien Universität Berlin, 2017. Vols. ISBN 978-3-946292-18-0.
55. Ringelberg, J.; Koenen, E.; Iganci, J.; de Queiroz, L.; Murphy, D.; Gaudeul, M.; Bruneau, A.; Luckow, M.; Lewis, G. & Hughes C. 2022. Phylogenomic analysis of 997 nuclear genes reveals the need for extensive generic re-delimitation in Caesalpinioideae (Leguminosae). In: Hughes CE, de Queiroz LP, Lewis GP (Eds) *Advances in Legume Systematics 14. Classification of Caesalpinioideae Part 1: New generic delimitations.* *PhytoKeys* 205: 3–58. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.205.85866>
56. Rodrigues, A.; Mello, A.; Baskin, C.; Baskin, J.; Oliveira, D. & García, Q. 2018. Why large seeds with physical dormancy become nondormant earlier than small ones. *PLOS ONE* 13(8): e0202038. DOI.org/10.1371/journal.pone.0202038.
57. Rodríguez, R. 2010. Manual de prácticas de viveros forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Área Académica de Ingeniería Forestal Abasolo 600, Centro, Pachuca Hgo. México. 44pp.
58. Rossini, B.; Valdés, M. C., Márquez, Campón, A. y Bueso, M. 2016. Germinación de las semillas en algunas especies americanas de Fabaceae y Bignoniaceae cultivadas en Sevilla (España). *Lagascalia* 26: 119-129.
59. Salvador, R. y Lloret, F. Germinación en el laboratorio de varias especies arbustivas mediterráneas: efecto de la temperatura. [en línea] *Orsis*, 1995, no.10, p.25-34 [Consultado: 15 de octubre de 2022] Disponible en: <http://ddd.uab.cat/pub/orsis/02134039v10p25.pdf>
60. Samperio, G. (s/f). Germinación de semillas: Manual de divulgación para uso en instituciones de educación. Toluca, Estado de México. 15 pp.
61. Sánchez, J.; Montejo, L. y Pernús, M. 2015a. Germinación de nuestras semillas: factor de éxito en la restauración ecológica. En: Menéndez L, Arellano M, Alcolado PM. (eds.), ¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencias del

- Proyecto Sabana-Camagüey en paisajes productivos, 130-145, Editorial AMA. La Habana.
62. Sánchez, J.; Muñoz, B. y Montejo, L. 2009b. Rasgos de semillas de árboles en un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 32: 141-16.
 63. Sánchez, J. 2022. Proyecto Acciones para la conservación de especies de vegetales de matorral xeromorfo costero y subcostero (inédito).
 64. Sánchez, J.; Muñoz, B.; Montejo, L. & Herrera, R. 2009a. Ecological grouping of tropical trees in an evergreen forest of the Sierra del Rosario, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 204: 14-23.
 65. Sánchez, J.; Pernús, M.; Echeverría, R. y Martínez, C. 2018. Clases de dormancia en semillas de especies arbóreas útiles en la medicina tradicional cubana. *Acta Botánica Cubana*, Vol. 217, No. 3, pp. 193-204
 66. Sánchez, J.; Pernús, M.; Torres, Y.; Barrios, D. y Dupuig, Y. 2019. Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implicaciones para la restauración ecológica *Acta Botánica Cubana*. Vol. 218, No. 2, pp. 77-108 / 2019 ISSN 2519-7754 RNPS 2402.
 67. Schmidt, L. 2000. *Guide to Handling Tropical and Subtropical Forest Seed*. Danida Forest Seed Centre. U.S.A. 542 p.
 68. Smith, M.; Wang, B. y Msanga, H. Dormancia y germinación. Capítulo 5. En: Vozzo, J.A. 2010. *Manual de semillas árboles tropicales*. Departamento de la Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal.
 69. Smith, R.; Dickie, J.; Linington, S.; Pritchard, H.; Probert R.J. 2013. *Seed conservation: turning science into practice*, 518-544, The Royal Botanic Gardens, Kew, London.
 70. Soltani, E.; Baskin, C.; Baskin, J.; Heshmati, S. & Mirfazeli, M. 2018. A meta-analysis of the effects of frugivory (endozoochory) on seed germination: role of seed size and kind of dormancy. *Plant Ecology*. DOI.org/10.1007/s11258-018-0878-3.testing.
 71. The Plant List. 2021. Version 1.1. Disponible en <http://www.theplantlist.org/> [consultado: 16 de septiembre de 2022].
 72. Torres, A.; Sánchez, J.; Pernús, M. 2022. *Manual de semillas para la restauración de ecosistemas limítrofes al manglar*. Editorial AMA, La Habana.

73. Vázquez, C. & Orozco, A. 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. En: Caldwell MM, Pearcy RW. (eds.), Exploitation of environmental heterogeneity by plants, 209-235, Academic Press, San Diego, CA.
74. Venier, P.; Cabido, M.; Mangeaud, A. y Funes G. 2013. Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de Acacia (*Fabaceae*), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y agua. *Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 61 (2): 501-514.
75. Vozzo, A. 2016. manual de anual de semillas de árboles tropicales Tropical. Comisión Forestal de América del Norte (COFAN) de la Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas
76. Wang, N.; Yang, Y.; Moore, M.; Brockington, S.; Walker, J.; Brown, J.; Liang, B.; Feng, T.; Edwards, C.; Mikenas, J.; Olivieri J, Hutchison V, Timoneda A, Stoughton T, Puente R, Majure LC, Eggle U, Smith SA. 2019. Evolution of Portulacineae marked by gene tree conflict and gene family expansion associated with adaptation to harsh environments. *Molecular Biology and Evolution* 36(1): 112–126. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy200>
77. Willis, C.; Baskin, C.; Baskin, J.; Auld, J.; Venable, D.; Cavender, J.; Donohue, K.; Rubio, R. 2014. The NES Cent Germination Working Group. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*. 203: 300-309.

Anexos

ANEXOS

ANEXO I. Datos morfométricos de los frutos y semillas de *Pseudosamanea cubana*.

No.	VAINAS		CANTIDAD DE SEMILLAS	PEDICELO
	LARGO	ANCHO		
1	12	3	13	2
2	17	2,3	20	2
3	13,5	2,2	21	1,5
4	16	2,5	19	1,5
5	18	2,5	20	0
6	17	2,5	20	2
7	16	2,5	14	1,3
8	17,5	2,8	23	0
9	16,5	2,9	20	2,5
10	12	2,3	8	1
11	14,5	2,5	7	1,5
12	16,3	2,5	15	1
13	17,3	2,5	12	1,2
14	14	2,7	21	1,2
15	18,7	2,6	20	1,5
16	14,7	2,5	12	5
17	17	2,5	14	1,3
18	17	3	15	1
19	10,5	2,5	0	2
20	16,7	2,5	11	0
21	17,5	2,7	17	0,7
22	16,5	2,7	20	1,5
23	16,5	2,8	16	0
24	11,6	2,8	8	0
25	14,2	2,6	11	1