

Producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus tropicalis* Morelet en un huerto semillero

Seed productions and reproductive indicators in *Pinus tropicalis* Morelet from seed orchard

Produção de sementes e indicadores reprodutivos de *Pinus tropicalis* Morelet em um jardim de sementes

Claudia María Pérez Reyes^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-3690-3119>

Gretel Geada López¹  <https://orcid.org/0000-0002-8421-0624>

¹Universidad de Pinar del Río "Hermandos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba.

*Autor para la correspondencia: cludia.maria@upr.edu.cu

Recibido: 10 de enero de 2020.

Aprobado: 31 de enero de 2020.

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la viabilidad y salud reproductiva de una masa semillera de *Pinus tropicalis* Morelet como herramienta de manejo de una unidad productora de semillas, se evaluó la producción de semillas y el comportamiento de los indicadores reproductivos durante tres años consecutivos, a partir de una muestra de conos provenientes de 60 árboles. Los conos fueron diseccionados para su análisis. Se estimaron las variables potencial y eficiencia de semillas, así como la longitud del cono, escamas fértiles, proporción de semillas vanas, proporción de semillas llenas y estimadora de endogamia. Los indicadores no fueron similares para las tres cosechas. Los indicadores de potencial y la eficiencia de semillas fueron variables durante los años evaluados. Sin embargo, el porcentaje de semillas vanas fue superior al 15 % en todos los años, resultando en estimadores de endogamia por encima de lo admisible para áreas de producción de semillas.

Palabras clave: indicadores reproductivos; potencial de semilla; estimador de endogamia; producción de semillas.



ABSTRACT

The aims of this study was to assess viability and reproductive health in *Pinus tropicalis*'s seed stand as a management tool of seed-producing unit from the genetic improvement program. Seed production and the behaviour of reproductive indicators were evaluated for three consecutive years in Ceja del Negro's seed stand, from cones of 60 trees. Cones were dissected for analysis. Seed potential and efficiency variables were estimated, as well as cone length, fertile scales, proportion of empty seeds, proportion of full seeds and inbreeding estimator. The indicators were not similar for the three crops. The potential and efficiency of seeds varied over the years, but the percentage of empty seeds was greater than 15 %, resulting in a higher inbreeding estimators.

Keyword: reproductive indicators; seed potencial; estimator inbreeding; seed production.

SÍNTESE

A fim de avaliar a viabilidade e saúde reprodutiva de uma massa de sementes de *Pinus tropicalis* Morelet como ferramenta de manejo de uma unidade de produção de sementes, a produção de sementes e o comportamento dos indicadores reprodutivos foram avaliados durante três anos consecutivos, com base em uma amostra de cones de 60 árvores. Os cones foram dissecados para análise. As variáveis de potencial e eficiência das sementes foram estimadas, assim como o comprimento do cone, escalas férteis, proporção de sementes vazias, proporção de sementes cheias e o estimador de consanguinidade. Os indicadores não foram semelhantes para as três culturas. Os indicadores de potencial de sementes e eficiência de sementes foram variáveis durante os anos avaliados. No entanto, a porcentagem de sementes vazias foi acima de 15% em todos os anos, resultando em estimadores de endogamia acima do permitido para as áreas de produção de sementes.

Palavras-chave: indicadores reprodutivos; potencial de sementes; estimador de consanguinidade; produção de sementes.

INTRODUCCIÓN

La producción de madera y otros productos forestales en Cuba se sustentan a partir de especies de rápido crecimiento, como las coníferas. El país mantiene a los pinos como las especies prioritarias en su plan de desarrollo forestal hasta el 2030 con estos fines y apoyado fundamentalmente en los resultados de los programas de mejoramiento genético de cada especie y en la selección de sus fuentes semilleras.

Pinus tropicalis Morelet (pino hembra) es una especie endémica de Cuba (Gernandt *et al.*, 2005) que se distribuye naturalmente formando rodales puros, extensos o en simpatria con *Pinus caribaea*, en suelos arcillosos de pizarras y de arena cuarcítica de la provincia de Pinar del Río y escasamente en la Isla de la Juventud (Farjon y Styles, 1997) en un área alrededor de 33 082,1 ha.



La especie es considerada como uno de los principales recursos con que cuentan las empresas forestales de occidente y en especial la empresa de la provincia Pinar del Río. Al ser una de las especies prioritarias en los planes de reforestación, es necesario la evaluación de fuentes semilleras para garantizar la producción de semillas asociadas al programa de mejoramiento genético vía selección masal o individual.

El análisis de cono es considerado una técnica utilizada en el monitoreo de poblaciones (Santos-Sánchez *et al.*, 2018), y a su vez, facilita la estimación de la eficiencia reproductiva de las poblaciones, evaluando características asociadas con la producción de semillas como: el tamaño de cono; número de semillas llenas y vanas por cono; proporción de óvulos abortados; vigor y supervivencia de plántulas y su germinación (Quiroz-Vázquez *et al.*, 2017).

La especie ha reportado un bajo porcentaje de germinación en los últimos 10 años, lo cual pudiera estar relacionado con problemas en la disciplina tecnológica de la cosecha de semillas o por una desigual frecuencia de cruces determinada por el tamaño efectivo en su fuente semillera.

Este fenómeno se reporta para especies donde sus poblaciones se han fragmentado por el aprovechamiento forestal o de su hábitat, lo que ha traído consigo tanto la disminución de la germinación y su capacidad germinativa, como la aparición de gran número de plantas anormales debido al aumento de la consanguinidad (endogamia). Esto sigue siendo una interrogante para los silvicultores y propagadores (Ramírez-Mandujano *et al.*, 2017; Rajora y Mosseler, 2001) en el proceso de selección y creación de huertos semilleros.

Para ello, se hace necesario la correcta evaluación de las potencialidades de una fuente semillera, a partir de indicadores que expresen la salud genética del mismo, y no solo las fenotípicas de los individuos que la integran. El objetivo de este estudio es la evaluación de indicadores reproductivos y la producción de semillas en un huerto semillero brinzal durante tres años consecutivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de conos de 60 árboles del huerto semillero "Ceja del Negro" de *Pinus tropicalis* fueron tomadas en el mes de junio los años 2014, 2015 y 2016. Esta unidad de producción de semilla pertenece a la UEB del municipio de Consolación del Sur, lote 9: rodal 5, con categoría de producción: huerto semillero brinzal y asociado al programa de mejora genética de *Pinus tropicalis*. El área se caracteriza por presentar un suelo ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado y ocupa un área total de 25,8 ha de pinar en terreno llano (Proyecto de Ordenación de la Unidad Silvícola Consolación del Sur). El huerto tiene 31 años y una altura media de 15 m.

Fueron tomados 50 conos del *pool* de forma aleatoria, disponibles en la Empresa de Beneficio de Semilla de Pinar del Río en 2014, 2015 y 2016, respectivamente. Los conos se midieron en su longitud y después fueron secados a temperatura ambiente durante un mes hasta el comienzo de su apertura y extracción de la semilla. Cada cono se diseccionó para contar el Número Total de Escamas (NoE), incluye Escamas Fértiles (EF) e infértiles (Einf), Semillas Llenas (SLL) y Vanas (SV). Se realizó un ensayo de certificación de semillas bajo la Norma Cubana NC: 71-04/87.



El cálculo de los indicadores se realizó a partir de las fórmulas de Bramlett (Quiroz-Vázquez *et al.*, 2017): Potencial de Semilla (PS)=Escamas Fértiles x 2; Semillas Desarrolladas (SD)=Semillas Vanas (SV) + Semillas Llenas (SLL); Eficiencia de Semillas (ES)= (SLL/PS) x 100; Proporción de Semillas Llenas (SLLP)= SLL/PS; Proporción de Semillas Vanas (SVP)= SV/PS; Índice de Endogamia (IEND)=SV/SD.

Para establecer la relación con algún proceso inducido por la endogamia y viabilidad de la semilla, se realizó un ensayo de germinación. El conteo de la germinación se realizó hasta 45 días después del establecimiento del ensayo. Se consideró semilla germinada aquella cuya longitud de radícula sobrepase la longitud de la semilla. Para ello, se determinó el porcentaje de germinación y el porcentaje de Plántulas Anormales (PAn).

Análisis Biométrico: se utilizó para detectar diferencias entre los años de colecta se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor y un test de comparación de medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de cono y semillas: como se aprecia en la Tabla 1, las dimensiones de las semillas fueron similares en todos los años, no siendo así para la longitud del cono. Estos valores están generalmente asociado a la cantidad de semilla y su capacidad germinativa. Domínguez-Callero *et al.*, (2016) plantean que existe una estrecha relación entre el tamaño del cono y peso de semilla. Mientras que Flores-López *et al.*, (2005) expresa que esta relación también se haya entre tamaño del cono y tamaño de las semillas más grandes. En este sentido, para muchas coníferas, semillas de mayor tamaño producen plántulas más robustas al menos durante el primer año de vida, lo cual es una ventaja competitiva durante la fase de establecimiento de la plantación (Flores-López *et al.*, 2005). Sin embargo, se ha detectado que las variables del cono y las semillas pueden variar entre poblaciones, entre individuos y entre regiones para especies con más amplia distribución (Boratyńska *et al.*, 2005) (Tabla 1).

Tabla 1. - Variables del cono y semilla

Variables	2014	2015	2016
Longitud del cono (cm)	7,14 ^a	6,99 ^b	6,55 ^c
Longitud de la semilla (mm)	14	14	13
Largo ala (mm)	5,5	5,3	5,2

Nota: medias con diferentes letras tienen diferencias significativas a $P < 0,05$



Variables correspondientes a la producción de semillas

El potencial de Semillas Promedio (PS) y Escamas Fértiles (EF) fue similar en todos los años (Tabla 2), aunque los estróbilos colectados en 2015 y 2016 fueron de menor tamaño que los reportados para 2014, el número de escamas fértiles fue muy similar.

Uno de los elementos relacionados con la estructura genética de cada población o área de producción de semillas es el potencial de semillas, ya que representa la efectividad del proceso de polinización, fertilización y maduración de la semilla (Fernando, 2013); esto a su vez con el tamaño poblacional efectivo que determina la proporción de polen necesario para hacer efectiva la alogamia (Fernando, 2013; Flores-López, 2014).

Tabla 2. - Comportamiento de los indicadores reproductivos durante tres cosechas

Variables	2014	2015	2016
PS	93,02	97,04	90,1
ES	43,01 ^a	40,79 ^b	42,92 ^a
SD	46,5	48,2	45,0
SLLP	0,43 ^a	0,41 ^b	0,43 ^a
SVP	0,07 ^b	0,09 ^a	0,07 ^b
IEND	0,13 ^b	0,18 ^a	0,14 ^b
SV (%)	15,5	18,7	23
SLL (%)	80	81,3	77
EF	46,54	48,52	45,05
Einf	40,95 ^c	31,73 ^b	47,78 ^a
G (%)	26,5 ^b	12,8 ^c	60,6 ^a
PAn (%)	12	10	30

Nota: medias con diferentes letras tienen diferencias significativas a $P < 0,05$

Los pinos, como especies alógamas, han desarrollado diferentes mecanismos morfológicos y genéticos para garantizar la polinización cruzada; sin embargo, estos no son lo suficientemente efectivos (Bower y Aitken, 2007), por lo que se ha detectado una disminución en el potencial de semilla asociado generalmente a la endogamia (Owens *et al.*, 2005; Flores-López *et al.*, 2005). Por otra parte, existe una particularidad para coníferas de zonas áridas, donde el potencial de semillas es más bajo en comparación con las coníferas que se encuentran con mejores condiciones (Quiroz-Vázquez *et al.*, 2017).

La variable más representativa de la producción de semillas es la eficiencia de semilla definida como la cantidad de semillas llenas en relación con el potencial de semillas expresadas en porcentaje. Este indicador varió sustancialmente entre las cosechas 2014 y 2016 con respecto a la del año 2015. Fernando, (2013) realiza una revisión sobre el ciclo reproductivo de los pinos en los trópicos, en el que la mayoría de estos



se someten a un ciclo reproductivo de tres años calendario, desde la liberación del polen hasta la maduración de los conos y salida de las semillas. La baja eficiencia de semilla generalmente se les atribuye a cuatro causas: escasa polinización, presencia de genes letales, daños por insectos (Bustamante-García *et al.*, 2012) y baja disponibilidad de polen con asincronía en la liberación de este (Fernando, 2013); sin embargo, los estudios en pinos tropicales son escasos (Fernando, 2013) y no permiten llegar a una regularidad en las causas. De acuerdo al desarrollo del cono desde la floración a la formación y madurez de este, hay también pérdidas de estróbilos, las cuales no fueron consideradas en el estudio. Owens y Fernando, (2007) y Fernando (2013) informan que esta pérdida puede llegar hasta el 50 % o más de la cosecha de semillas y la producción total de las mismas puede ser evaluada combinando las tablas de vida de la cosecha de los conos.

Igualmente, los indicadores asociados a semillas llenas como a las vanas difirieron entre cosechas 2014 y 2016 con respecto a 2015, observándose el menor valor en el 2015 en la variable SLLP. Una posible causa de este comportamiento se asocia a la ausencia de la polinización cruzada y fertilización cruzada que incide en la eficiencia de la semilla y que es de esperarse en poblaciones pequeñas o en árboles solitarios. Todo ello podría contribuir a detectar índices de endogamia superior al 12 %.

Los resultados muestran que existe un alto porcentaje de semillas vanas. Este valor usualmente se recomienda que esté por debajo de 20 % (Sorencen, 2001; Ledig *et al.*, 2002) y para coníferas en áreas de fuentes semilleras, se acepta que oscile alrededor de un 12 % como indicador de no afectación de depresión por consanguinidad (Sorencen, 2001; Ledig *et al.*, 2002).

Un indicador sumamente importante para los silvicultores, es el Índice de Endogamia (IEND), ya que este refleja no solo la salud del rodal, la disponibilidad de polen y de polinización cruzada efectiva, sino también la cantidad de semilla viable a producir (White *et al.*, 2007). Este parámetro fue relativamente alto en relación con lo que debiera esperarse para un área productora de semilla. Los efectos de la depresión por endogamia generan no solo bajos porcentajes de producción de plántulas en viveros y un incremento de plántulas anormales, sino que reducen el número de semillas llenas y aumenta el número de semillas vanas, producción de plántulas débiles, albinas con menor capacidad de sobrevivencia (Ramírez-Mandujano *et al.*, 2017).

El porcentaje de germinación varió considerablemente con los años de cosecha, pero no alcanzó el 70 %. En el año 2015, se reportaron los peores indicadores reproductivos de la especie, lo que se corresponde, además, con los más bajos porcentajes de germinación. Sin embargo, el número de plantas anormales fue superior en 2016, alcanzando valores casi a la mitad de la propia germinación. Todo ello apuntó a que en esa cosecha solo será efectivamente viable un tercio de la producción de semilla del año 2016.

El huerto semillero brinzal "Ceja del Negro" presentó irregularidades en los indicadores reproductivos durante los tres años.



El estimador de endogamia es superior al 12 %, lo que pudo determinar los bajos porcentajes de germinación y cantidad de plantas anormales.

Las variables reproductivas son una evidencia de las fluctuaciones y reducción en el tamaño efectivo del huerto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORATYŃSKA, K., MARCYSIAK, K. y BORATYŃSKI, A., 2005. *Pinus mugo* (Pinaceae) in the Abruzzi Mountains: High morphological variation in isolated populations. Botanical Journal of the Linnean Society, vol. 147, no. 3, pp. 309-316. DOI 10.1111/j.1095-8339.2005.00374.x. Disponible en: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/147/3/309/2420526>
- BOWER, A.D. y AITKEN, S.N., 2007. *Mating system and inbreeding depression in whitebark pine (Pinus albicaulis Engelm.)*. Tree Genetics and Genomes, vol. 3, no. 4, pp. 379-388. DOI 10.1007/s11295-007-0082-4. Disponible en: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11295-007-0082-4>
- BUSTAMANTE GARCÍA, V., PRIETO RUÍZ, J.Á., MERLÍN BERMUDEZ, E., ÁLVAREZ ZAGOYA, R., CARRILLO PARRA, A. y HERNÁNDEZ DÍAZ, J.C., 2012. *Potencial y eficiencia de producción de semilla de Pinus engelmannii Carr., en tres rodales semilleros del estado de Durango, México*. Madera y Bosques [en línea], vol. 18, no. 3. ISSN: 2448-7597. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300002.
- DOMÍNGUEZ CALLEROS, P.A., NAVAR CHAIDEZ, J. de J., POMPA GARCÍA, M. y TREVIÑO GARZA, E.J., 2016. *Producción de conos y semillas de Pinus pseudostrobus Lindl. en Nuevo León, México*. Foresta Veracruzana [en línea], vol. 18, no. 2. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/497/49748829004/html/index.html>.
- FARJON, A. y STYLES, B.T., 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora neotrópica* [en línea]. New York: The New York Botanical Garden, Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/4393881?seq=1>.
- FERNANDO, D., 2013. *The pine reproductive process in temperate and tropical regions*. New Forests, vol. 45, no. 3, pp. 333-352. DOI 10.1007/s11056-013-9403-7. Disponible en: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11056-013-9403-7>
- FLORES LÓPEZ, C., 2014. *Líneas para la conservación de los recursos genéticos de Picea mexicana Martínez y Picea martinezii Patterson* [en línea]. Tesis de Doctorado en Ciencias Forestales. Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Disponible en: <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/2170>.



- FLORES LOPÉZ, C., LOPÉZ UPTON, J. y VARGAS HERNÁNDEZ, J.J., 2005. *Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia*, vol. 39, no. 1, pp. 117-126. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/302/Resumenes/Resumen_30239111_1.pdf
- GERNANDT, D.S., GEADA LÓPEZ, G., ORTIZ GARCÍA, S. y LISTON, A., 2005. *Phylogeny and Classification of Pinus*. *Taxon*, vol. 54, no. 1, pp. 29-42. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/25065300>
- LEDIG, F.T., HODGSKISS, P.D. y JACOB, V., 2002. *Genetic diversity, mating system and conservation of a Mexican subalpine relict Picea mexicana* Martínez. *Conservation Genetics*, vol. 3, no. 2, pp. 113-122. DOI 10.1023/A:1015297621884. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/24299>
- OWENS, J.N., BENNETT, J. y L'HIRONDELLE, S.J., 2005. *Pollination and cone morphology affect cone and seed production in lodgepole pine seed orchards*. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 35, no. 2, pp. 383-400. DOI 10.1139/x04-176. Disponible en: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/x04-176#.XjVPwiN7nIU>
- OWENS, J.N. y FERNANDO, D., 2007. *Pollination and seed production in western white pine.*, vol. 37, no. 2, pp. 260-275. DOI 10.1139/X06-220. Disponible en: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/707787> Canadian Journal of Forest Research
- QUIROZ VÁZQUEZ, R.I., LÓPEZ UPTON, J., CETINA ALCALÁ, V.M. y ANGELES, G., 2017. *Capacidad reproductiva de Pinus pinceana Gordon en límite sur de su distribución natural*. *Agrociencia*, vol. 51, no. 1, pp. 91-104. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100091
- RAJORA, O.P. y MOSSELER, A., 2001. *Challenges and opportunities for conservation of forest genetics resources*. *Euphytica*, vol. 118, no. 2, pp. 197-212. DOI 10.1023/A:1004150525384. Disponible en: <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=18343>
- RAMÍREZ MANDUJANO, C.A., GONZÁLEZ CORTÉS, J.C., VALDOVINOS RIVERA, N.L. y LÓPEZ AGUIRRE, P., 2017. *Densidad de árboles vecinos y porcentaje de semillas llenas en Pinus leiophylla Schlt. et Cham*. *Biológicas*, vol. 19, no. 2, pp. 1-7. Disponible en: <https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=263>
- SANTOS SÁNCHEZ, O.O., GONZÁLEZ TAGLE, M.A. y LÓPEZ AGUILLÓN, R., 2018. *Producción de semilla y potencial biológico de tres especies de Pinus en Durango*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales [en línea]*, vol. 9, no. 50. DOI <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.264>. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329227067_Produccion_de_semilla_y_potencial_biologico_de_tres_especies_de_Pinus_en_Durango



SORENSEN, F.C., 2001. *Effect of population outcrossing rate on inbreeding depression in Pinus contorta var. murrayana Seedlings*. Scandinavian Journal of Forest Research, vol. 16, no. 5, pp. 391-403. DOI 10.1080/02827580152632784.

WHITE, T., ADAMS, W. y NEALE, D., 2007. *Forest Genetics* [en línea]. USA: Oregon State University. ISBN: 978-0-85199-348-5. Disponible en: <https://www.cabi.org/bookshop/book/9780851993485/>.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2020 Claudia María Pérez Reyes, Gretel Geda López

