

Capacidad reproductiva de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari en la unidad de producción de semilla mejorada Marbajita

Reproductive capacity of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari in Marbajita 's the seed orchard

Capacidade reprodutiva de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret e Golfari na unidade de produção de sementes melhorada de Marbajita

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

Mumboko Wilfrid Fuentes González²  <https://orcid.org/0000-0002-2080-6285>

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

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

²Empresa Agroforestal La Palma, UEB Marbajita, Pinar del Río, Cuba.

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

Recibido: 5 de junio de 2020.

Aprobado: 16 de junio de 2020.

RESUMEN

El estudio permite evaluar la capacidad reproductiva de *Pinus caribaea* a través del comportamiento de los indicadores reproductivos durante dos años consecutivos. Se tomó una muestra de 109 conos provenientes de árboles de la unidad de producción de semilla mejorada Marbajita-Cajalbana, correspondiente a un área de pinares naturales del municipio de La Palma. Se realizó la caracterización de sus conos a partir de sus dimensiones, además de determinar las variables relacionadas a la producción de semillas como escamas fértiles e infértiles, semillas vanas y llenas, potencial y eficiencia de semillas, proporción de semillas llenas y vanas, índice de endogamia y porcentaje de germinación. Los resultados relacionados a la longitud del cono mostraron diferencias significativas para los años evaluados, reportándose los valores más bajos en 2016. Se evidenciaron altos índices de endogamia por encima de un 12 %, admisible para la especie y para áreas que tiene la finalidad de producir semilla mejorada. La germinación fue superior en 2017 con un 100 %.

Palabras clave: Indicadores reproductivos; *Pinus caribaea* var. *caribaea*; Capacidad reproductiva.



ABSTRACT

The study allows to evaluate the reproductive capacity of *Pinus caribaea* through the behavior of the reproductive indicators during two consecutive years. A sample of 109 cones was taken from trees in the improved seed production unit Marbajita-Cajálbana, corresponding to an area of natural pine forests in the municipality of La Palma. The characterization of their cones was made from their dimensions, besides determining the variables related to seed production such as fertile and infertile flakes, vain and full seeds, seed potential and efficiency, proportion of full and vain seeds, inbreeding index and germination percentage. Results related to cone length showed significant differences for the years evaluated, with the lowest values reported in 2016. High rates of inbreeding were evidenced above 12 %, acceptable for the species and for areas intended to produce improved seed. Germination was higher in 2017 with 100 %.

Keywords: Reproductive indicators; *Pinus caribaea* var. *caribaea*; Reproductive capacity.

RESUMO

O estudo permite avaliar a capacidade reprodutiva do *Pinus caribaea* através do comportamento dos indicadores reprodutivos durante dois anos consecutivos. Uma amostra de 109 cones foi retirada das árvores da unidade de produção de semente melhorada Marbajita-Cajálbana, correspondente a uma área de pinhais naturais no município de La Palma. A caracterização dos seus cones foi feita a partir das suas dimensões, além de determinar as variáveis relacionadas com a produção de sementes, tais como escalas férteis e inférteis, sementes vazias e cheias, potencial e eficiência das sementes, proporção de sementes cheias e vazias, índice de endogamia e percentagem de germinação. Os resultados relacionados com o comprimento do cone mostraram diferenças significativas para os anos avaliados, tendo os valores mais baixos sido reportados em 2016. Foram evidenciadas taxas elevadas de endogamia acima dos 12 %, aceitáveis para as espécies e para as áreas destinadas a produzir sementes melhoradas. A germinação foi mais elevada em 2017 com 100 %.

Palavras-chave: Indicadores reprodutivos; *Pinus caribaea* var. *caribaea*; Capacidade reprodutiva.

INTRODUCCIÓN

Pinus caribaea var. *caribaea* es una especie insigne reconocida como prioritaria en el manejo y plantación dentro de los planes de desarrollo hasta el 2030, por su gran plasticidad de adaptación a diferentes ambientes (García-Quintana *et al.*, 2013), así como la calidad de su madera para numerosos usos. Todo ello requiere del aumento de sus plantaciones para obtener semilla de calidad genética, por lo que posee especial interés la fuente del material a propagar.

En este sentido, en la década del 60 iniciaron los trabajos de selección y creación de fuentes semilleras para esta especie (García-Quintana *et al.*, 2007), a partir de programas de mejoramiento genético por selección masal e individual, comenzando así las investigaciones para la selección y mejora de las principales fuentes semilleras.



Las fuentes semilleras son áreas creadas o seleccionadas con la finalidad de producir semillas con cierto grado de avance en la característica dada, objeto de mejoramiento forestal (White *et al.*, 2007). Las fuentes semilleras se determinan o seleccionan según parámetros morfológicos, con interés económico; pero rara vez se evalúa la capacidad de estos árboles y áreas para producir semillas con calidad (Finkeldey *et al.*, 2007), por lo que desde el punto de vista productivo no solo es importante que sean ejemplares superiores, sino además productores de semilla similar al potencial (Eriksson *et al.*, 2013).

P. caribaea var. *caribaea* tiene establecidas unidades de producción de semilla, tanto por el método de la selección masal (Meseta de Cajálbana) e individual (principalmente: Malas Aguas, Estación experimental de Viñales), con el objetivo de aumentar los volúmenes de madera.

La unidad de producción de semilla mejorada Marbajita, en la meseta de Cajálbana, fue creada en los años 60 a partir de la selección masal en un bosque natural de pinares. Durante los años 90 la misma se quemó más del 60 % de su área, por lo que fue restaurada a partir de árboles superiores de la misma procedencia; representa una de las principales fuentes de semilla para la especie en Pinar del Río y para el país.

Esta fuente reporta los mejores comportamientos en la fase de vivero (informes técnicos, MINAG). Por otro lado, la producción de conos y semillas, así como los certificados de calidad de los lotes semilleros muestran una reducción, tanto en la cantidad de semilla como en la capacidad germinativa.

Las medidas de las características reproductivas, junto con la diversidad genética, pueden servir como indicadores del estado reproductivo y genético para determinar y supervisar la viabilidad de poblaciones en riesgo debido al tamaño pequeño de esta (Delgado-Valerio *et al.*, 2013) y la baja densidad del arbolado dentro del bosque (Quiroz-Vázquez *et al.*, 2017; Ramírez-Mandujano *et al.*, 2017).

Los Indicadores Reproductivos (IR) son puntos de referencia que brindan información cualitativa o cuantitativa de las fuentes semilleras. Estos son, además, herramientas básicas para el monitoreo de las poblaciones (Flores *et al.*, 2012), en especial aquellas destinadas a satisfacer las necesidades de la silvicultura (Pérez-Reyes y Geda-López, 2020; Santos-Sánchez *et al.*, 2018).

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad reproductiva a través del comportamiento de los indicadores reproductivos en una masa semillera (Marbajita-Cajálbana) de *P. caribaea* var. *caribaea*, en dos años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de 60 y 49 conos de la masa semillera Marbajita-Cajálbana fueron colectadas en el mes de julio de 2016 y 2017. La unidad productora de semillas pertenece a la UEB del municipio de La Palma (Figura 1), presenta la categoría de producción de semilla mejorada y corresponde a un área de pinar natural tratadas con este fin. La masa ocupa un total de 72 ha de pinares, con altura promedio entre 20-25 metros.



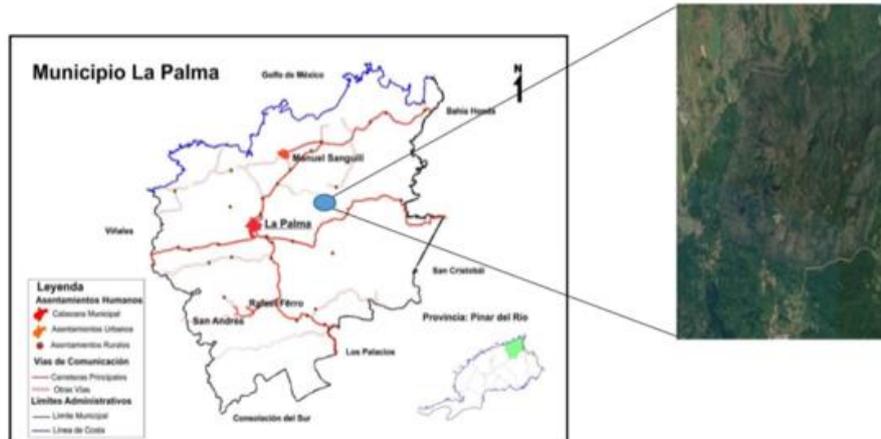


Figura 1. - Ubicación de la masa semillera Marbajita-Cajalbana

Los conos fueron secados a temperatura ambiente durante un mes hasta el comienzo de su apertura y extracción de la semilla. Luego se determinó su longitud y después estos se diseccionaron para contar el Número Total de Escamas (NoE), además de Escamas Fértiles (EF) y Escamas Infértiles (Einf), Semillas Llenas (SLL) y Semillas Vanas (SV). El ensayo de certificación de semillas se realizó 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*). Para inferir la existencia de endogamia en la masa semillera se realizó un ensayo de germinación junto a la evaluación de la viabilidad de las semillas. El ensayo de germinación fue establecido en arena sílice (recipientes de cristal), por 45 días. Se consideró semilla germinada aquella cuya longitud de la radícula sobrepase la longitud del embrión. La viabilidad de las semillas se determinó a partir de pruebas colorimétricas.

Análisis Biométrico: para detectar diferencias entre los años de colecta se utilizó un análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis y un test de comparación de rangos entre estos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dimensiones del cono mostraron diferencias en ambos años de colecta (Tabla 1). Este valor está asociado generalmente a la disponibilidad de semillas y su capacidad germinativa, lo que indica que árboles con mayor tamaño del cono producen semillas más grandes (*Flores-López et al., 2005*). El peso de las semillas también es importante, existen evidencias en coníferas donde las semillas de mayor peso están asociadas a semillas de mayor tamaño, y por lo tanto producen plántulas más robustas al menos durante el primer año de vida (*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 (*Boratynska et al., 2005*).

Aun cuando los estróbilos colectados en 2016 fueron de mayor tamaño que los colectados en 2017, en este último se obtuvieron los mejores indicadores relacionados con la producción de semillas, el Potencial de Semillas promedio (PS), Escamas Fértiles (EF) y semillas desarrolladas (Tabla 1).



Flores-López *et al.*, (2012) y Quiroz-Vázquez *et al.*, (2017) plantean que el potencial de semillas es un indicador relacionado con la estructura genética de las poblaciones o áreas de producción de semillas, y este a su vez representa la efectividad del proceso de polinización, fertilización y maduración de la semilla (Fernando, 2014). Además, es la expresión más evidente del tamaño poblacional efectivo que determina la proporción de polen necesario para hacer efectiva la alogamia (Fernando, 2014; Flores-López, 2014).

Los árboles forestales, en condiciones naturales, no producen semillas regularmente, sino más bien en períodos variables de años, que pueden ser desde uno hasta siete años o más; esta característica está asociada con algunos factores del clima y madurez del árbol (Alba-Landa *et al.*, 2005). Diferencias entre años semilleros han sido reportadas en varias coníferas, como por ejemplo *P. greggii* (Alba-Landa *et al.*, 2005), cuyas variaciones han sido atribuidas fundamentalmente a factores abióticos como la humedad (lluvia), el viento y eventos de sequía.

Los indicadores asociados a semillas llenas como a las vanas son significativamente diferentes entre cosechas, no así en sus proporciones. Una posible causa está asociada a la ausencia de la polinización cruzada y fertilización, que incide en la eficiencia de la semilla y que es de esperarse en poblaciones pequeñas o en árboles solitarios. Los resultados muestran que existe un alto porcentaje de semillas vanas; este valor usualmente se recomienda esté por debajo del 20 % (Sorensen, 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 (Sorensen, 2001; Ledig *et al.*, 2002). Los resultados en dos años muestran que este valor estuvo por encima de lo esperado para áreas productoras de semilla y por encima de lo obtenido en la especie en un rodal semillero no certificado (Pérez-Reyes, datos no publicados).

En este sentido, en la masa semillera a evaluar, las diferencias obtenidas en los indicadores y la germinación deben estar relacionadas a factores ambientales como la sequía y las altas temperaturas en los meses de abril-junio de 2013 a 2016, que se corresponden a los años de desarrollo de estróbilo femenino, su polinización y formación de la semilla. Sin embargo, no existieron diferencias entre la proporción de SLLP.

Tabla 1. - Comportamiento de los indicadores reproductivos y del cono durante dos cosechas

Variables	2016	2017
Longitud del cono (cm)	9,31 ^b	8,53 ^a
PS	225,13 ^a	243,34 ^b
ES (%)	40,16 ^a	45,92 ^b
SD	135,7 ^a	160,6 ^b
SLLP	0,030	0,029
SVP	0,15	0,14
IEND	0,33 ^b	0,30 ^a
SV (%)	33,1 ^a	34,6 ^b
SLL (%)	66,9 ^a	69,5 ^b
EF	112,5 ^a	121,6 ^b
Einf	43,08 ^b	37,8 ^a
G (%)	48	100

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



Owens *et al.*, (2005, 2008); Flores-López *et al.* (2005) reportan para *Pinus* y *Picea* una disminución en el potencial de semilla, el cual podría estar asociado a la endogamia, en especial para rodales con tamaños efectivos pequeños, dado la poca efectividad de los mecanismos morfológicos para prevenir el autocruzamiento y dado que los mecanismos de incompatibilidad genética no se han desarrollado en este grupo taxonómico (Bower y Aitken, 2007). Es reconocido que los tamaños poblacionales grandes son requisito para rodales semilleros y deben corresponderse a la regla 100/1000 (Frankham *et al.*, 2014), de manera que se garantice una polinización cruzada y la conservación de la variabilidad genética, en especial si se trata de masas naturales convertidas en huertos semilleros.

La eficiencia de semillas es la variable más representativa dentro de la producción de semillas (Bramlet *et al.*, 1977; Mosseler, 2001). Este indicador varió sustancialmente entre los años, reportándose el menor valor en 2016, lo que indica que pudo haber una menor disponibilidad de polen. La baja eficiencia de semilla, generalmente se 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, 2014); sin embargo, los estudios en pinos tropicales son escasos (Fernando, 2014) y no permiten llegar a una regularidad en las causas. Los resultados obtenidos son similares a los registrados para especie *P. patula* (Alba-Landa *et al.*, 1999), aunque inferior a especies como *P. greggii* (Alba-Landa *et al.*, 2005) y *P. hartwegii* (Alba-Landa *et al.*, 2003) en masas naturales y superiores a *P. oocarpa* (Isaza *et al.*, 2002) y *P. sylvestris* (Sivacioğlu y Ayan, 2008) para un huerto semillero.

De acuerdo al desarrollo del cono desde la floración a la formación y madurez de este, también hay pérdidas de estróbilos, las cuales no fueron consideradas en el estudio. Las pérdidas de estróbilos pueden ser hasta de un 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 (Owens y Fernando, 2007; Fernando, 2014).

El estimador de endogamia (IEND) es sumamente importante desde el punto de vista silvicultural; refleja la salud del rodal, la disponibilidad de polen y la cantidad de semillas viables a producir (White *et al.*, 2007). Los resultados evidencian valores relativamente altos ($\geq 12\%$), para áreas que tienen la finalidad de producir semilla mejorada. La depresión por consanguinidad genera bajos porcentajes en la germinación, lo que a su vez limita la producción de plántulas vigorosas y produce un incremento de plántulas anormales. Los efectos asociados a depresión endogámica 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). Estos resultados muestran que el comportamiento de este indicador fue similar en los dos años; sin embargo, la germinación fue superior en 2017 con un 100 % de las semillas germinadas, y en el 2016 solo alcanzó el 50 %. Esto hace pensar que no fue la endogamia la causa de la baja germinación, sino la posible baja disponibilidad de polen o de condiciones favorables durante el largo proceso de formación y maduración de la semilla en la especie de tres años (Fernando, 2014).

El año 2016 reporta los peores indicadores reproductivos, correspondiéndose con los más bajos valores de germinación, pero no fueron detectadas plántulas anormales en ningún año evaluado. Esto, junto al comportamiento de los indicadores reproductivos apunta a que las condiciones de clima durante los años de formación, polinización y maduración fueron las causas de las diferencias tan marcadas entre los años (Fernando, 2014). Por lo que, son necesarios estudios de monitoreo de las



fuentes semilleras a través de los indicadores, para correlacionar sus cambios con variables bioclimáticas y documentar la incidencia del cambio climático en la producción de semillas.

Al comparar ambos años se evidenció un mejor comportamiento de los indicadores en 2017; sin embargo, esto no se correspondió con los resultados obtenidos correspondientes a la longitud de los conos.

Las diferencias obtenidas en los indicadores reproductivos pudieran estar relacionadas a factores climáticos, como la prolongada sequía 2013-2015.

En 2016 se reportan los peores indicadores reproductivos, lo que a su vez se corresponde con los más bajos por cientos de germinación para la especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBA-LANDA J., M.H. LILIA C. Y C. G. ADRIANA A. 1999. Potencial de producción de semilla de la progenie de un huerto semillero de segunda generación de selección de *Pinus patula* Schl. et Cham. en el estado de Veracruz. ISIMA. Durango, México. Pp. 133-134.
- ALBA-LANDA J., A. APARICIO-RENTERÍA Y J. MÁRQUEZ-RAMÍREZ. 2003. Potencial y Eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones de México. *Foresta Veracruzana*, vol.5, no 1, p. 23-26. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228607143_POTENCIAL_Y_EFICIE_NCIA_DE_PRODUCCION_DE_SEMILLAS_DE_Pinus_hartwegii_Lindl_DE_DOS_POBLACIONES_DE_MEXICO
- ALBA-LANDA, J., RAMÍREZ, J.M. y CORTINA, H.S.B., 2005. Potencial de producción de semillas de *Pinus greggii* engelm. en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* [en línea], vol. 7, no. 2, pp. 37-40. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1405-7247. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49770206>.
- 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* [en línea], vol. 147, no. 3, pp. 309-316. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 0024-4074. 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 & Genomes* [en línea], vol. 3, no. 4, pp. 379-388. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1614-2950. DOI 10.1007/s11295-007-0082-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11295-007-0082-4>.
- BRAMLETT, D.L., BELCHER, E.W., DEBARR, G.L., HERTEL, G.D., KARRFALT, R.P., LANTZ, C.W., MILLER, T., WARE, K.D. y YATES, H.O., 1977. Cone Analysis of Southern Pines - A Guidebook. *Gen. Tech. Rep. SE-13. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 32 p.* [en línea], vol. 013. [Consulta: 9 junio 2020]. Disponible en: <https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/808>.



- BUSTAMANTE-GARCÍA, V., PRIETO-RUIZ, J.Á., MERLÍN-BERMEDES, E., ÁLVAREZ-ZAGOYA, R., CARRILLO-PARRA, A. y HERNÁNDEZ-DÍAZ, J.C., 2012a. 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, pp. 7-21. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1405-0471. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-04712012000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- BUSTAMANTE-GARCÍA, V., PRIETO-RUIZ, J.Á., MERLÍN-BERMEDES, E., ÁLVAREZ-ZAGOYA, R., CARRILLO-PARRA, A. y HERNÁNDEZ-DÍAZ, J.C., 2012b. 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, pp. 7-21. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1405-0471. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-04712012000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- DELGADO VALERIO, P., NÚÑEZ MEDRANO, J., ROCHA GRANADOS, M.C. y MUÑOZ FLORES, H.J., 2013. Variación genética de dos áreas semilleras de pino establecidas en el estado de Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 4, no. 18, pp. 104-115. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 2007-1132. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322013000400008&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- DÍAZ, A.R.Á., 2017. Diagnóstico de dos fuentes semilleras de *Pinus tropicalis* Morelet y *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en la Empresa Forestal Integral "Macurije". *Ciencias Forestales y Ambientales* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 135-149. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 2310-3426. Disponible en: <http://cifam.upr.edu.cu/index.php/cifam/article/view/95>.
- ERIKSSON, G., EKBERG, I. y CLAPHAM, D., 2013. *Genetics Applied to Forestry An Introduction* [en línea]. S.l.: Elanders Sverige AB. Disponible en: https://pub.epsilon.slu.se/12141/1/eriksson_et_al_150423.pdf.
- FINKELDEY, R. y HATTEMER, H.H., 2006. *Tropical Forest Genetics* [en línea]. S.l.: Springer Science & Business Media. ISBN 978-3-540-37398-8. Disponible en: https://books.google.com/cu/books/about/Tropical_Forest_Genetics.html?id=1dVnC7ubkxYC&redir_esc=y.
- FLORES LÓPEZ, C., 2014. *Líneas para la conservación de los recursos genéticos de Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson [en línea]. Tesis. Pinar del Río, Cuba: Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Facultad de Forestal y Agronomía. Centro de Estudios Forestales. [Consulta: 9 junio 2020]. Disponible en: <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/2170>.
- FLORES LÓPEZ, C., GEADA LÓPEZ, G., UPTON, J. y LÓPEZ-RAMÍREZ, E., 2012. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T.F. Patterson. *Forestal Baracoa*, vol. 31, pp. 48-52. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286777475_Produccion_de_semillas_e_indicadores_reproductivos_en_poblaciones_naturales_de_Picea_martinezii_TF_Patterson



- FLORES-LOPÉZ, C., LÓPEZ-UPTON, J. y VARGAS-HERNÁNDEZ, J.J., 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia* [en línea], vol. 39, no. 1, pp. 117-126. ISSN 1405-3195. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/302/Resumenes/Resumen_30239111_1.pdf.
- FRANKHAM, R., BRADSHAW, C.J.A. y BROOK, B.W., 2014. Genetics in conservation management: Revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* [en línea], vol. 170, pp. 56-63. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 0006-3207. DOI 10.1016/j.biocon.2013.12.036. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320713004576>.
- GARCÍA-QUINTANA, Y., ÁLVAREZ-BRITO, A. y GUÍZAR-NOLAZCO, E., 2007. ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *Pinus caribaea* var. *caribaea* EN ALTURAS DE PIZARRAS, VIÑALES, PINAR DEL RÍO, CUBA. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* [en línea], vol. 13, no. 2, pp. 125-129. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 2007-4018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-40182007000200125&lng=pt&nrm=iso&tlng=es.
- ISAZA, N., DVORAK, W. y UPTON, J., 2002. Producción de semillas del género *Pinus* en huertos y rodales semilleros de Smurfit Cartón de Colombia. [en línea]. Cali, Colombia: Smurfit Cartón de Colombia. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289251403_Produccion_de_semillas_del_genero_Pinus_en_huertos_y_rodales_semilleros_de_Smurfit_Carton_de_Colombia.
- LEDIG, F.T., HODGSKISS, P.D. y JACOB-CERVANTES, V., 2002. Genetic diversity, mating system, and conservation of a Mexican subalpine relict, *Picea mexicana* Martínez. *Conservation Genetics* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 113-122. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1572-9737. DOI 10.1023/A:1015297621884. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1015297621884>.
- OWENS, J., 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* [en línea], vol. 35, pp. 383-400. DOI 10.1139/x04-176. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237866256_Pollination_and_cone_morphology_affect_cone_and_seed_production_in_lodgepole_pine_seed_orchards.
- OWENS, J. y FERNANDO, D., 2007. Pollination and seed production in western white pine. *Canadian Journal of Forest Research* [en línea], vol. 37, pp. 260-275. DOI 10.1139/X06-220. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233555628_Pollination_and_seed_production_in_western_white_pine.
- OWENS, J.N., KITTIRAT, T. y MAHALOVICH, M.F., 2008. Whitebark pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) seed production in natural stands. *Forest Ecology and Management* [en línea], vol. 255, no. 3, pp. 803-809. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 0378-1127. DOI 10.1016/j.foreco.2007.09.067. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707007396>.



- PÉREZ REYES, C.M., GEADA LÓPEZ, G., PÉREZ REYES, C.M. y GEADA LÓPEZ, G., 2020. Producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus tropicalis* Morelet en un huerto semillero. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 129-137. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 2310-3469. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2310-34692020000100129&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- QUINTANA, Y.G., VICHOT, M.B., TORRES, G.P. y ROJAS, A.E.A., 2013. *Ecología, silvicultura y conservación de los pinares de la región occidental de Cuba (Pinus caribaea Morelet var. caribaea y Pinus tropicalis Morelet)* [en línea]. S.l.: Servicio de Publicaciones. [Consulta: 9 junio 2020]. ISBN 978-84-9717-247-9. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=652135>.
- QUIROZ-VÁZQUEZ, R.I., LÓPEZ-UPTON, J., CETINA-ALCALÁ, V.M., ÁNGELES-PÉREZ, G., QUIROZ-VÁZQUEZ, R.I., LÓPEZ-UPTON, J., CETINA-ALCALÁ, V.M. y ÁNGELES-PÉREZ, G., 2017. Capacidad reproductiva de *Pinus pinceana* Gordon en el límite sur de su distribución natural. *Agrociencia* [en línea], vol. 51, no. 1, pp. 91-104. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1405-3195. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952017000100091&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- RAJORA, O.P. y MOSSELER, A., 2001. Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources. *Euphytica* [en línea], vol. 118, no. 2, pp. 197-212. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 1573-5060. DOI 10.1023/A:1004150525384. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1004150525384>.
- SANTOS SÁNCHEZ, O.O., GONZÁLEZ TAGLE, M.A., LÓPEZ AGUILLÓN, R., 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, pp. 538-549. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v9i50.264. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322018000600538&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- SIVACIOGLU, A. y AYAN, S., 2009. Evaluation of seed production of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonal seed orchard with cone analysis method. *African Journal of Biotechnology* [en línea], vol. 7, pp. 4393-4399. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228773598_Evaluation_of_seed_production_of_scots_pine_Pinus_sylvestris_L_clonal_seed_orchard_with_cone_analysis_method.
- SORENSEN, F.C., 2001. Effect of Population Outcrossing Rate on Inbreeding Depression in *Pinus contorta* var. *murrayana* Seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* [en línea], vol. 16, no. 5, pp. 391-403. [Consulta: 9 junio 2020]. ISSN 0282-7581. DOI 10.1080/02827580152632784. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02827580152632784>.
- WHITE, T.L., ADAMS, W.T. y NEALE, D.B., [sin fecha]. *Forest Genetics* [en línea]. S.l.: CABI. ISBN 978-1-84593-286-2. Disponible en: https://books.google.com/cu/books/about/Forest_Genetics.html?id=UHZCeg4BqtKc&redir_esc=y.



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, Mumboko Wilfrid Fuentes González
Gretel Geda López

