



INTRODUCCION

Pinus caribaea es sembrada por Forst (1947), Morelet (1970), Lator (1972) y Betancourt (1973) como la especie vegetal más utilizada en plantaciones de desarrollo forestal, e incluso Lator (1978) asegura que se ha convertido en el árbol más importante para tierras bajas en el trópico. En este trabajo se presentan los resultados favorables obtenidos en cuanto a tasas de incrementos de diámetro y altura (Barret, 1972; Acosta, 1975; Villar, 1977; Rodríguez del Río, 1982), resistencia a plagas (Morelet, 1978), zonas en que se adapta (Mathus, 1978) y calidad de su madera (Lator, 1978). Caracteres que muestran a dicha especie como una importante fuente maderera y que llevó a la proposición por la FAO de priorizar su cultivo junto a otras coníferas tropicales. En los trabajos antes señalados hubo mencionar la presencia de variaciones intraspecificas entre procedencias plantadas bajo condiciones similares, posiblemente causadas por la existencia de ecotipos (Wright, 1964), de los que podríamos esperar posibilidades adaptativas diferentes y cuya presencia dentro de la especie asociada (Baker, 1947).

Análisis del desarrollo y mortalidad en pruebas de procedencia de *Pinus caribaea* Morelet en Cuba

Francisco Cejas y Antonio López, Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba
Vladimir Moreno, Instituto de Investigación Forestal, Ministerio de la Agricultura

RESUMEN

Pruebas de procedencias en *Pinus caribaea* Morelet, realizadas con poblaciones representativas de los suelos que la especie suele ocupar en Cuba, así como una muestra de Bahamas y otra de Honduras, evidenciaron que en los primeros años de vida, el tipo de suelo y los índices de precipitación inciden en su mortalidad y desarrollo, factores a los que más tarde se suma la aparición de una competencia intraespecífica por la luz. También se determinó que existe una correlación entre los volúmenes reales que alcanzaban las procedencias cubanas y la distancia a que se encuentran sus poblaciones originales de Cajálbana, donde aparece la masa semillera de mayor fondo y plasticidad genética entre las empleadas. El que las pérdidas sigan una correlación logarítmica del tipo $\ln(y) = a + bx$ es un indicativo de que el tratamiento y lugar de plantación escogidos son adecuados; caso contrario se evidencia un fallo en alguno de estos aspectos.

ABSTRACT

Pinus caribaea Morelet provenances assays carried out with representative populations according to soil types in which the species appear in Cuba, in addition to two samples coming from Bahamas and Honduras, showed that during for the first years of growth the stand mortality is influenced by soil type and rainfall levels, being subsequently affected by an intraspecific competition for light. We found that the actual volume for cuban provenances were correlated to the distance between their original pinegrove seed bank and the Cajálbana one, where the seed bank offers the largest genetic plasticity among all

the tested provenances. While the mortality follow a logarithmic correlation with an equation type $\ln(y) = a + bx$, it means that the chosen treatment and plantation place are adequate; in the other hand it's evident a failure in any of those aspects.

INTRODUCCION

Pinus caribaea es señalada por Fors (1947), Morelet (1970), Matos (1972) y Betancourt (1972) como la especie vegetal más utilizada en planes de desarrollo forestal, e incluso Lamb (1978) asegura que se ha convertido en el árbol más importante para tierras bajas en el trópico.

En esto inciden los resultados favorables obtenidos en cuanto a ritmos de incrementos de diámetro y altura (Barret, 1972; Acosta, 1976; Volkart, 1977; Rodríguez del Río, 1982), resistencia a plagas específicas de las zonas en que se emplea (Mathus, 1978) y calidad de su madera (Lamb, 1978), caracteres que muestran a dicha especie como una importante fuente maderera y que llevó a la proposición por la FAO de priorizar su empleo junto a otras coníferas tropicales.

En los trabajos antes señalados suele mencionarse la presencia de variaciones intraespecíficas entre procedencias plantadas bajo condiciones similares, posiblemente causadas por la existencia de ecotipos (sensu Wright, 1964), de los que podríamos esperar posibilidades adaptativas diferentes y cuya presencia dentro de la especie sospechara Samek (1967).

Se hace necesario por tanto la existencia de un programa que unifique las investigaciones y permita un conocimiento más profundo de esta especie, que evitaria errores durante su empleo masivo.

En este trabajo analizamos los resultados obtenidos en experimentos de procedencias llevados a cabo por *Pinus caribaea* de 1971-72 hasta 1986, dada la posibilidad que nos brindan los mismos, según Lacaze (1978), de conocer tanto las exigencias de la especie como las leyes de variación y, en particular, la explicación de la variación genética debida a la presión de selección que ejercen las variaciones de los factores ambientales.

MATERIALES Y METODOS

En el trabajo se utilizan los datos recogidos durante quince años por el Instituto de Investigación Forestal en pruebas de procedencias de *Pinus caribaea* realizadas en Baracoa (Guantánamo), San Felipe (Camagüey), Topes de Collantes (Sancti Spiritus), Motembo (Villa Clara), 20 de Mayo y Bartolo (Pinar del Río).

Al confeccionar los experimentos se emplearon semillas de once poblaciones naturales cubanas representativas de los suelos que la especie suele ocupar en Cuba, que fueron; (16) Juan Manuel, (17) La Jagua, (18) Los Palacios, (19) La Güira, (20) Sabanalamar, (21) Viñales, (22) Cajáibana, (23) Pinalito, (24) Valdés, (25) Cayajabos, (26) Isla de la Juventud; más una de Honduras y otra de Bahamas, identificadas como (33) Poptum y (34) Isla Andros.

Las características ecogeográficas de las diferentes áreas experimentales, así como de las localidades donde se colectaron las semillas, aparecen en trabajo de González et al. (1983).

Para los experimentos se utilizaron diseños de bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas de 49 plantas, a considerar una interior útil de 25 árboles; en Topes de Collantes hay siete réplicas. En cada experimento se determinaron con una periodicidad variable las alturas y diámetros alcanzados así como la mortalidad ocurrida.

Con las medias para 1986 de cada procedencia por experimento en mortalidad, altura y diámetro a la altura del pecho (DAP) se realizaron análisis de varianza de clasificación doble que permitieron determinar las que

mostraron mejores resultados en estos caracteres.

También se hicieron análisis de varianza de clasificación simple para ver cómo se comportaban los experimentos individualmente y, para observar la dinámica con que ocurrió la mortalidad en los mismos se confeccionaron gráficos con las medias obtenidas en las mediciones de campo.

Con las medias de los volúmenes reales que alcanzaron las procedencias en 1986 se realizó un análisis de varianza de clasificación doble para determinar las procedencias y experimentos que lograron mejores resultados productivos.

También se hizo una correlación entre la media total de los volúmenes reales obtenidos por cada procedencia y la distancia a que se encuentran sus poblaciones naturales de Cajálbana, localizada sobre suelos derivados de serpentinitas, que al tener los pinares más extensos, homogéneos y mejor conformados del país (López, 1982; González et al., 1983), consideramos la de mejor fondo genético y mayor plasticidad genética entre las empleadas, basándonos también en los buenos resultados obtenidos con la misma (Barret, 1972; Golfari, 1978; Volkart, 1977; Cejas y Moreno, 1989).

Siempre que en los análisis de varianza aparecieron diferencias significativas se realizaron pruebas de Duncan para ver cómo se comportaban las medias comparadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza realizado con las medias de cada procedencia y experimento para la mortalidad en 1986 mostró diferencias muy significativas en ambos niveles.

Entre las áreas experimentales, tanto Motembo como San Felipe y Baracoa quedan separadas significativamente del resto, al ocurrir en ellas mayor cantidad de muertes (figura 1).

La mortalidad de San Felipe fue motivada fundamentalmente por los severos ataques de insectos que sufrió en los primeros años, unido a que fue la única plantación en que se efectuaron raleos.

En las plantaciones de Motembo y Baracoa, por su parte, actúa la gran presión de selección (sensu Wright, 1964) típica de los suelos derivados de serpentinitas sobre los que se encuentran situados (Howard, 1973; Berazain, 1976), que incluye una sequía fisiológica equivalente a 500-600 mm de lluvia en relación con las calizas (Borhidi y Muñiz, 1980).

Este factor edáfico es compensado en Baracoa por la alta pluviosidad característica de la región, permitiéndole tener menor mortalidad que Motembo, al que sólo superó en los primeros años debido a los ataques de insectos.

Además, en Motembo se sumó al tipo de sequía antes mencionada el déficit en las precipitaciones que afectó a nuestro país durante los años 1973 y 1974 (D. Vilamajó com. pers.), lo que trajo consigo un aumento brusco de muertes en todas las procedencias utilizadas, con excepción de (22) Cajálbana.

Es decir, la mortalidad en los experimentos está determinada fundamentalmente por el suelo en que se asienten y también, para el caso de los plantados sobre suelos derivados de serpentinitas, por los distintos niveles de precipitación que normalmente recibe cada uno.

Entre las procedencias, (22) Cajálbana siempre presentó una alta supervivencia, incluso en Motembo, lo que corrobora el planteamiento de Cejas y Moreno (1989) de que la evolución en suelos derivados de serpentinitas determina, para Cuba, la adaptación a la sequía de las poblaciones de pinos que en ellos crecen, e indica que las mismas cumplen con la posibilidad que

López (1982) le atribuye a la variedad *caribaea* Morelet de presentar mecanismos de adaptación a las condiciones edáficas en que vive, también evidenciados en la resistencia a la sequía que le señala Golfari (1972). Por otra parte (25) Cayajabos y (34) Bahamas se distinguen por tener el mayor número de muertos (figura 2).

En el análisis de varianza para 1986 con las medias de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y volumen real de cada procedencia por experimento, se observan diferencias muy significativas tanto para la altura y DAP de las plantas (figura 3a y b) como en los volúmenes reales que alcanzan (figura 4a), quedando también la procedencia (22) Cajálbana como la de mayor valor medio, mientras que con menores tamaños aparecen (25) Cayajabos y (34) Bahamas.

Esto sería un indicativo de las grandes posibilidades adaptativas señaladas a los pinares que hay en Cajálbana (López, 1982; González et al., 1983; Barret, 1972; Golfari, 1972; Volkart, 1977; Cejas y Moreno, 1989). Igualmente, como una correlación efectuada mostró que en todos los experimentos con excepción de Isla de la Juventud, la media total de los volúmenes reales de cada procedencia se va haciendo menor a medida que aumentan las distancias entre las poblaciones de origen y Cajálbana (Tabla I), podemos deducir que entre esta y las poblaciones más cercanas a ella, de menor número de individuos, se ha establecido un intercambio de migrantes que implica la creación de una base genética flexible que ayuda al progreso de dichas poblaciones.

Sin embargo, para las poblaciones más alejadas de esta agrupación se limita el campo de combinaciones génicas, distinguiéndose en los casos extremos una deriva genética que reduce su flexibilidad y provoca bajos resultados al ser plantadas en condiciones diferentes a la de su ubicación natural, lo que puede verse claramente en (25) Cayajabos.

Un caso excepcional lo constituye (26) Isla de la Juventud, que a pesar de su aislamiento y ser la más alejada de Cajálbana siempre tomó valores intermedios en los parámetros analizados, hecho que quizás pudiera estar relacionado con las vías y épocas de arribo de estos pinos a Cuba.

Por otra parte, al realizar los análisis de varianza de clasificación simple por experimentos, Topes de Collantes y 20 de Mayo se distinguen por presentar las mayores y menores alturas y DAP respectivamente (figuras 3c y d). Esto, unido a los resultados de la prueba de Duncan aplicada a los volúmenes reales (figura 4b), nos lleva al planteamiento de que, para las áreas utilizadas en este trabajo, el *Pinus caribaea* alcanzó su mejor desarrollo en alturas entre 150-750 m s.n.m., con temperaturas que oscilan de 21 a 24 °C y una pluviosidad media superior a 1400 mm anuales.

Entre los 4-7 años de establecidos los experimentos, se nota cómo en general los ritmos de incremento comienzan a aumentar excepto Motembo (figura 5).

En general las pérdidas de *Pinus caribaea* en sitios adecuados y tratamientos correctos tiene dos etapas bien definidas, durante la primera, las muertes deben ser mínimas y a partir de una determinada edad comienzan a elevarse, siguiendo este esquema una ecuación del tipo $\ln(y) = a + bx$. La edad a la cual tiene lugar la inflexión de la curva depende de la velocidad a la que crezcan las plantas; así por ejemplo la procedencia de Cajálbana, con un incremento promedio anual en altura de 1,11 m en altura en Topes de Collantes, llegó a ese punto aproximadamente a los siete años (figura 6a), mientras que en Motembo, donde los incrementos medios son de 1,06 m

anuales, alcanzó su punto de inflexión a los diez años (figura 6b); en esos casos ese punto tuvo lugar cuando la altura media de los árboles era de 7,5-8,0 m.

En los casos que las pérdidas no siguen el patrón previsto, es probable que durante los primeros años no se hicieran los tratamientos correctos o el lugar no era el adecuado para esta especie. Esto puede ejemplificarse comparando el comportamiento de (25) Cayajabos en Topes de Collantes, donde al parecer se adapta bastante bien (figura 7a), y Motembo donde, como también ocurrió con las otras procedencias excepto (22) Cajálbana, la secuencia de muertes en las plantas no sigue una correlación del tipo ya mencionado (figura 7b).

O sea, estas curvas, usadas para cada procedencia en cada sitio, nos permiten confeccionar patrones de tratamiento y explotación de los rodales para la distancia de plantación utilizada, resultando evidente en nuestro caso que hasta alcanzar los 7-8 m de altura estamos ante una fase donde las pérdidas son causadas por factores externos y en la que es necesario intervenir para proteger el futuro bosque, el cual puede considerarse como implantado a la altura señalada; comenzando a actuar a partir de la altura señalada una competencia intraespecífica por la luz, que incide en la muerte de los árboles menos desarrollados (Sakai, 1968); debemos tener claro entonces que las muertes en los tratamientos se vuelven inevitables, con las pérdidas de madera que ello implica, por lo que debemos encaminarnos desde entonces, mediante raleos, etcétera, al aprovechamiento de la plantación.

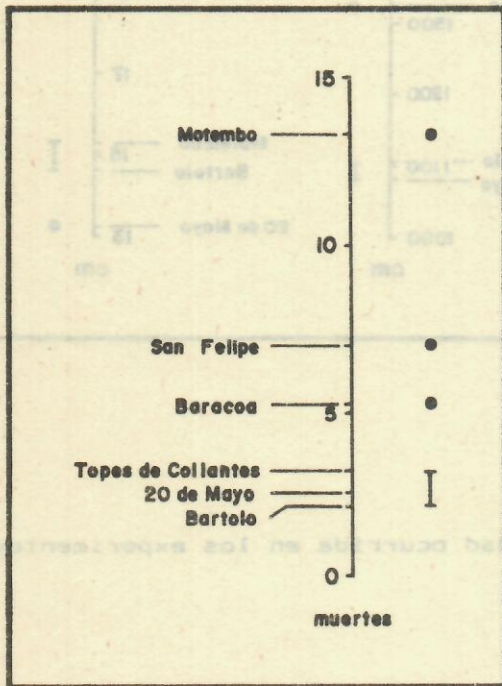


Figura 1. Prueba de Duncan para la mortalidad ocurrida en las áreas experimentales.

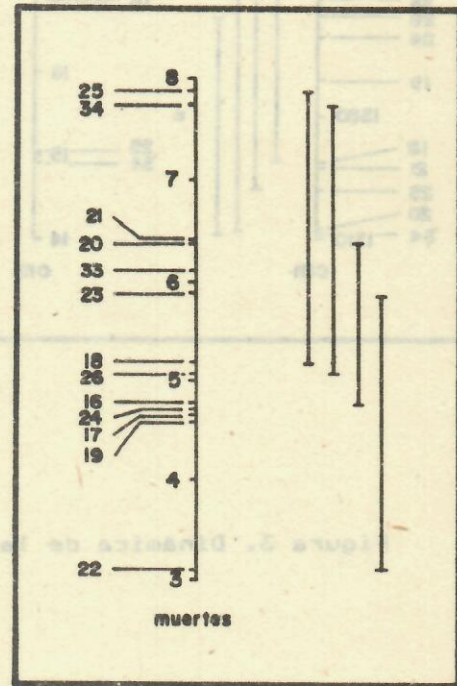


Figura 2. Prueba de Duncan para la mortalidad ocurrida por procedencias.

En los casos que las pérdidas no siguen el patrón previsto, es probable que durante los primeros años no se hicieran los tratamientos correctos y el lugar no era el adecuado para esta especie. Esto puede explicarse comparando el comportamiento de (22) Cayatambo en Jenes de Collantes, donde al parecer se adaptó bastante bien (figura 7a), y Motembo, donde también ocurrió con las otras procedencias excepto (22) Cayatambo. La explicación de estas diferencias en las plantas no sigue una correlación del tipo ya mencionada (figura 7b).

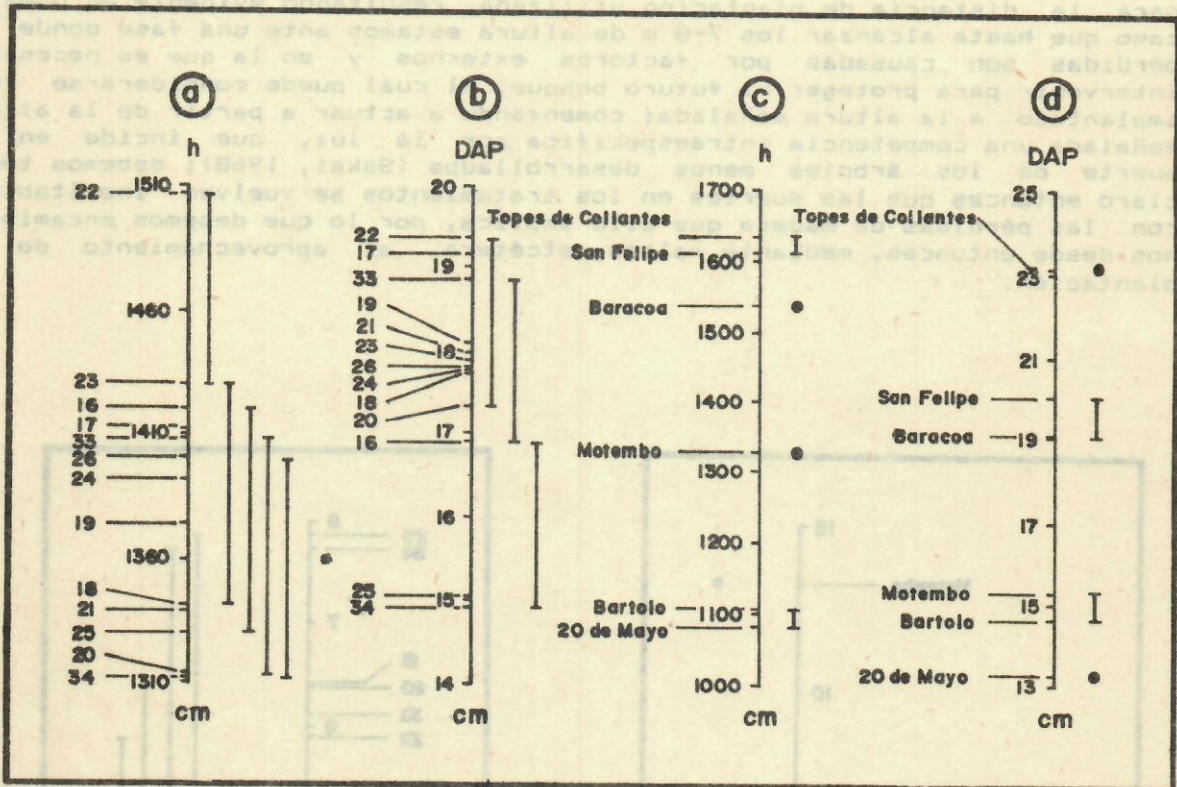


Figura 3. Dinámica de la mortalidad ocurrida en los experimentos.

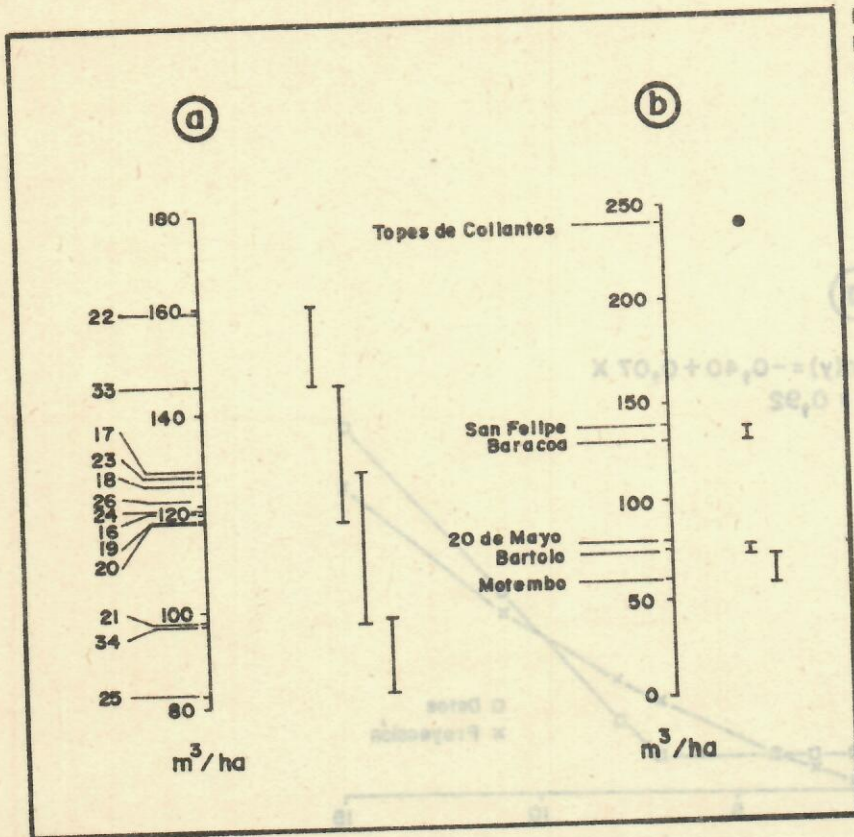


Figura 4. Prueba de Duncan para las alturas (a y c) y DAP (b y d) alcanzados por procedencias y experimentos.

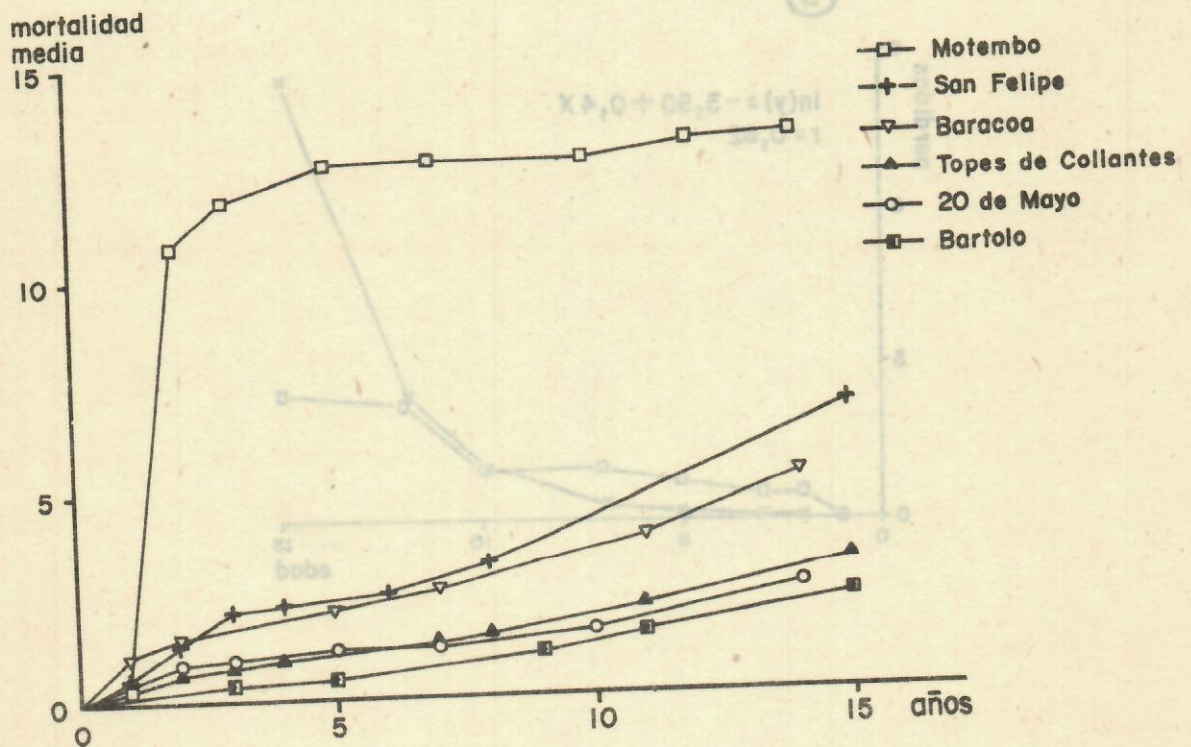


Figura 5. Prueba de Duncan para los volúmenes reales obtenidos por (a) procedencias y (b) experimentos.

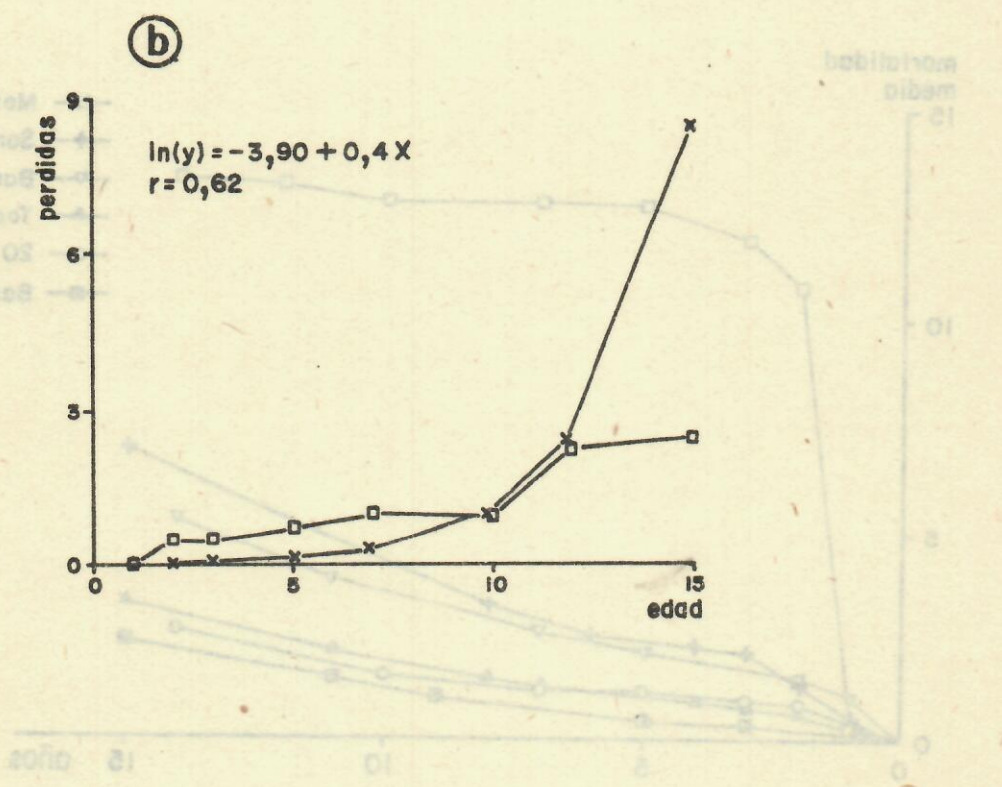
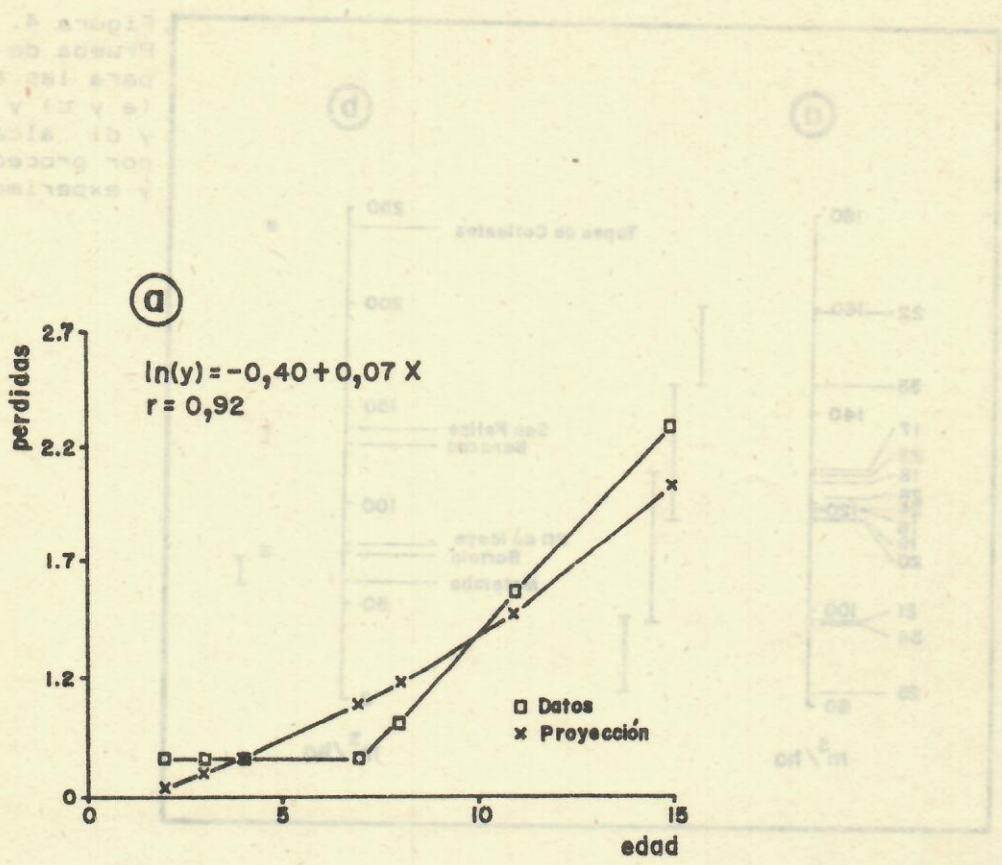


Figura 6. Curvas de correlación logarítmica de la procedencia (22) Cajálbana en (A) Topes de Collantes y (B) Motembo.

Dist. Col.	X Motas	X Barco	X Fajón	X Mayo	X Topes
	-0,2390	-0,2592	-0,1842	-0,2302	-0,2342

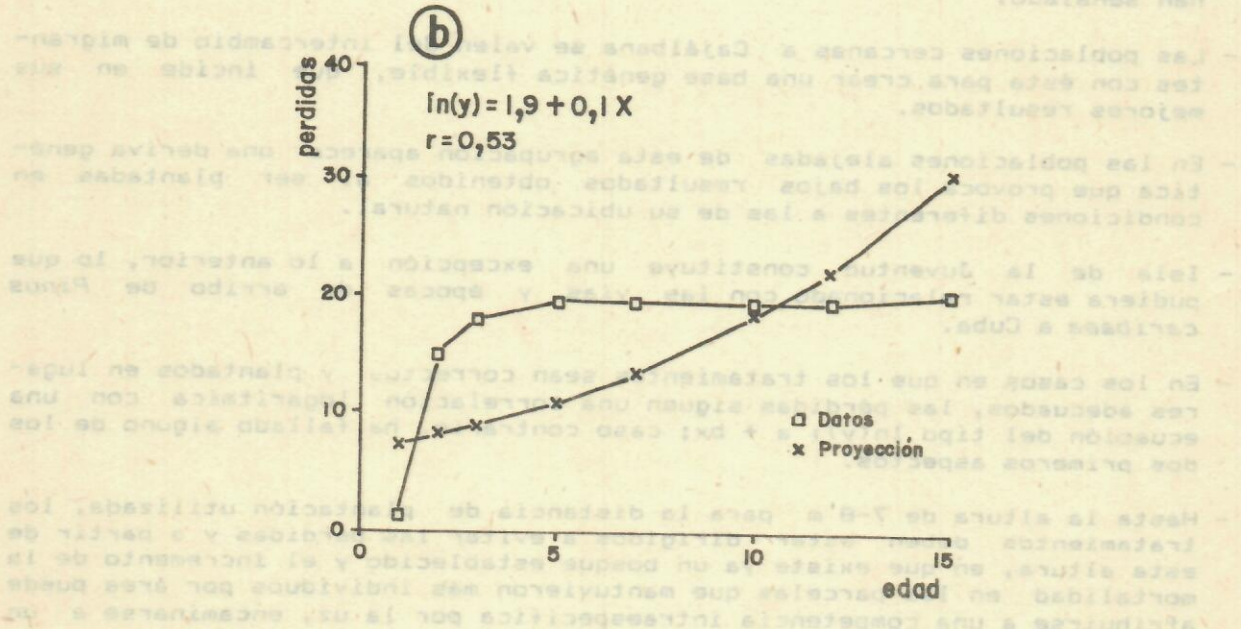
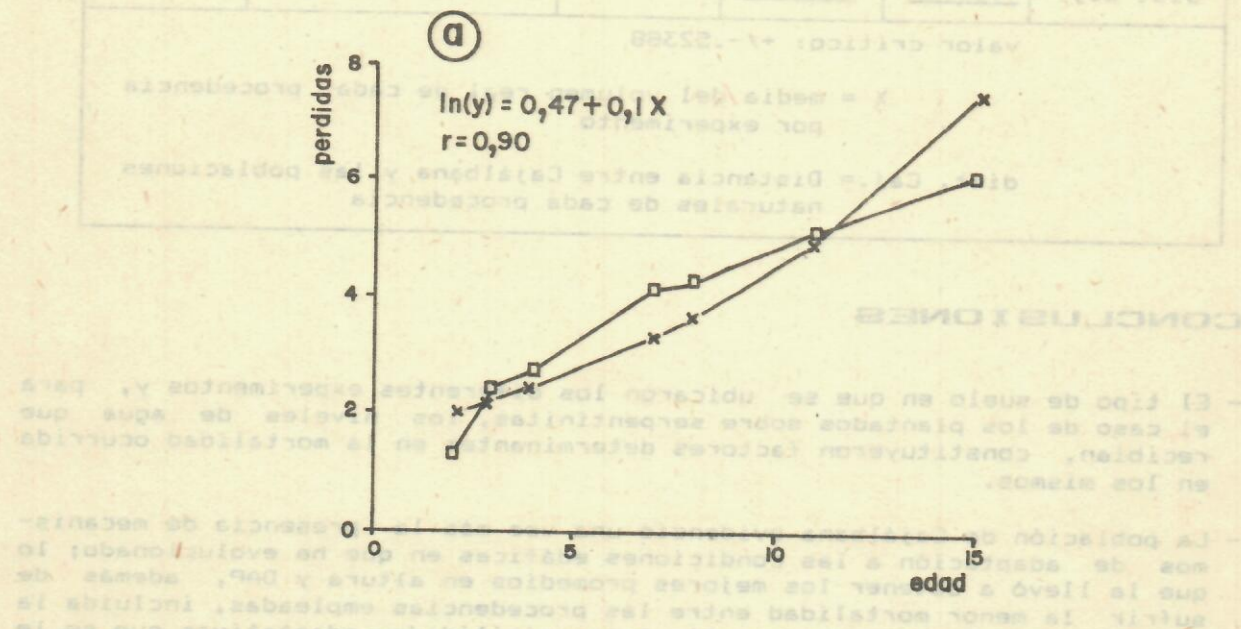


Figura 7. Curvas de correlación logarítmica de la procedencia de la especie de *Hydrobia ulvae* en Cayajabos en (A) Topes de Collantes y (B) Motembo.

Tabla I. Correlación entre la media de los volúmenes reales de las procedencias y las distancias a que se encontraban sus poblaciones naturales de Cajálbana.

	X Motem	X Barto	X Barac	X Felip	X Mayo	X Topes
dist Caj.	<u>-.63960</u>	<u>-.56994</u>	-.42439	-.21845	<u>-.72077</u>	-29645
valor crítico: +/- .52388						
X = media del volumen real de cada procedencia por experimento						
dist. Caj. = Distancia entre Cajálbana y las poblaciones naturales de cada procedencia						

CONCLUSIONES

- El tipo de suelo en que se ubicaron los diferentes experimentos y, para el caso de los plantados sobre serpentinitas, los niveles de agua que recibían, constituyeron factores determinantes en la mortalidad ocurrida en los mismos.
- La población de Cajálbana evidenció una vez más la presencia de mecanismos de adaptación a las condiciones edáficas en que ha evolucionado; lo que la llevó a obtener los mejores promedios en altura y DAP, además de sufrir la menor mortalidad entre las procedencias empleadas, incluida la de Honduras, confirmando con ello las posibilidades adaptativas que se le han señalado.
- Las poblaciones cercanas a Cajálbana se valen del intercambio de migrantes con ésta para crear una base genética flexible, que incide en sus mejores resultados.
- En las poblaciones alejadas de esta agrupación aparece una deriva genética que provoca los bajos resultados obtenidos al ser plantadas en condiciones diferentes a las de su ubicación natural.
- Isla de la Juventud constituye una excepción a lo anterior, lo que pudiera estar relacionado con las vías y épocas de arribo de *Pinus caribaea* a Cuba.
- En los casos en que los tratamientos sean correctos y plantados en lugares adecuados, las pérdidas siguen una correlación logarítmica con una ecuación del tipo $\ln(y) = a + bx$; caso contrario, ha fallado alguno de los dos primeros aspectos.
- Hasta la altura de 7-8 m para la distancia de plantación utilizada, los tratamientos deben estar dirigidos a evitar las pérdidas y a partir de esta altura, en que existe ya un bosque establecido y el incremento de la mortalidad en las parcelas que mantuvieron más individuos por área puede atribuirse a una competencia intraespecífica por la luz, encaminarse a un aprovechamiento del rodal.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R.J. (1976)
 Desarrollo de 6 especies de pino con distintos espaciamientos en suelos rojos esqueléticos de Viñales. Rev. For. Baracoa 6:(3-4): 3-12.

- Barret, W.H.G. (1972)
The growth of subtropical pines in Argentina. En *Selection and breeding to improve some tropical conifers* (J. Burley y D.G. Nikles, eds.), Department of Forestry, Queensland. 1:274.
- Berazain, R. (1976)
Estudio preliminar de la flora serpentinicola de Cuba. *Ciencias. Serie 10. Botánica*. 12:11-26.
- Betancourt, A. (1972)
Algunos estudios y experiencias realizadas con *Pinus caribaea* Morelet en Cuba. En *Memorias Especiales de Cuba al VI Congreso Forestal Mundial*.
- Borhidi, A. y O. Muñiz (1980)
Die vegetationskarte von Kuba. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 26:(1-20):25-53.
- Cejas, F. y V. Moreno (1989)
Dinámica de las pérdidas en los experimentos de adaptabilidad con *Pinus caribaea* Morelet sobre serpentinitas Reporte de Investigación, Inst. Ecología y Sistemática, ACC. (en prensa).
- Fors, A.J. (1947)
El pino macho, *Pinus caribaea*, en las lomas de Trinidad. *The Caribbean Forester*. 8:(12):125-128.
- Golfari, L. (1972)
Response of some tropical and subtropical conifers to various site conditions in Brazil. En *Selection and breeding to improve some tropical conifers* (J. Burley y D.G. Nikles, eds.), Department of Forestry, Queensland. 1:264-273.
- González, A.; A. Mercadet y V. Moreno (1983)
Comportamiento de orígenes geográficos de *Pinus caribaea* en Cuba. *Rev. For. Baracoa*. 13:(2): 57-102.
- Howard, R.A. (1973)
The vegetation of the Antilles. En *Vegetation and vegetational history of northern Latin America* (A. Graham, ed.). Amsterdam. 1-38.
- Lacaze, J.F. (1978)
Progreso alcanzado en la selección de especies y procedencias. *Unasylva*. 30:(119-120):17-20.
- Lamb, A.F.A. (1978)
Pinus caribaea. University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 1: 17-254.
- López, A. (1982)
Variabilidad del género *Pinus* (Coniferales: Pinaceae) en Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 12: 1-43.
- Mathus, M.A. (1978)
Aspectos técnicos de la plantación de pinos tropicales en la sabana. Distrito Mixe. Oaxaca. *Plant. Forest. 1ra. Reunión Nacional. México*. (3):271.
- Matos, E. (1972)
Análisis del incremento, edades y regeneración natural en las zonas de *Pinus* de Cuba. EN *Memorias Especiales de Cuba al VI Congreso Forestal Mundial*. p. 12.
- Morelet, J. (1970)
Problemas forestales en Cuba. *Inst. for. Latinoamer. de Inv. y Capacit.* (33-34): 3-64.

Rodriguez del Rio, E. (1982) Comportamiento de *Pinus patula*, *Pinus khasya*, *Pinus maestrensis*, *Pinus caribaea* var *caribaea* y var *bahamensis*. En **Resúmenes 1ra. Jornada Científica Forestal**. Est. Exp. For. Topes de Collantes. p. 23.

Sakai, K.I.; H. Mukaide y K. Tomita (1968) Intraspecific competition in forest trees. **Silv. Gen.** 17:(1):1-5.

Samek, V. (1967) Elementos de silvicultura de los pinares. **Serie Forestal. A.C.C.**, 102 p.

Volkart, C.M. (1977) Mejoramiento de la productividad en los bosques implantados de la región subtropical nordeste de la República Argentina. En **Simposio Internacional sobre las Ciencias Forestales y su contribución al desarrollo de la América Tropical**. 1-3.

Wright, J. (1964) Mejoramiento genético de los árboles forestales. **FAO: Estudios de silvicultura y productos forestales**. (16):1-18.

Recibido: 18 de febrero de 1989.