

# APARENTE INCOMPATIBILIDAD EN INJERTOS DE *Pinus caribaea* VAR. *hondurensis* EN EL HUERTO SEMILLERO CLONAL, SANTA CRUZ DE BUCARAL, FALCÓN-VENEZUELA

Lino Valera<sup>1</sup>, Vicente Garay<sup>1</sup>, Alfredo Flores<sup>2</sup> y Julio Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal, Mérida-Venezuela. E-mail: vgaray@forest.ula.ve

<sup>2</sup> Ingenieros Forestales, Libre Ejercicio, Mérida-Venezuela.

## RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar la abundancia de aparente incompatibilidad tardía en clones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de tres y cuatro años de injertados, creciendo en el huerto semillero de CVG-PROFORCA en Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón, Venezuela. El estudio incluyó el censo de los clones establecidos en los años 1991 y 1992, y la evaluación de los ramets que presentaron síntomas de aparente incompatibilidad, considerándose la clorosis de acículas, secreción de resinas, crecimiento y morfología de la zona de unión del injerto, morfología de la copa y aspectos reproductivos. En aquellos clones con frecuencia de ramets anómalos se incluyó la evaluación morfológica y fitopatológica del sistema radical. Los resultados obtenidos indican que de 56 clones evaluados, solo once presentaron más de 5,5% de ramets con sintomatología de aparente incompatibilidad, 18% presentaron malformaciones en el sistema radical, observándose la presencia generalizada de *Fusarium oxysporum* y *F. solani*, así como baja frecuencia de colonización micorrízica.

**Palabras clave:** Huertos semilleros, Incompatibilidad, Injertación, Pino caribe, Propagación vegetativa.

## ABSTRACT

A study was made to determine the abundance of apparent late incompatibility in clones of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in three and four years old grafts growing in the seed orchard of CVG-PROFORCA in Santa Cruz de Bucaral, State of Falcón, Venezuela. The study included the *census* of clones established in 1991 and 1992 and the evaluation of ramets which presented symptoms of apparent incompatibility, considering: needle chlorosis, secretion of resins, growth and morphology in the grafting zone, morphology of the crown and reproductive aspects. In those clones with frequent anomalous ramets morphological and phytopathological evaluation of the radical system were made. The results indicate that from 56 evaluated clones, only 11 presented more than 5.5% of ramets with symptoms of apparent incompatibility, 18% presented malformation in the root system and a generalized presence of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* was observed, as well as a low frequency of mycorrhizal colonization.

**Keywords:** Caribbean pine, grafting, Incompatibility, Seed orchards, Vegetative propagation.

## INTRODUCCIÓN

La injertación es el método de propagación vegetativa utilizado comúnmente en el establecimiento de huertos semilleros y bancos clonales de pino caribe (Zobel y Talbert, 1988; Pottinger, 1994). En Venezuela, desde 1986, como parte de un programa de mejoramiento genético y producción de semillas, se han establecido mas de 200 hectáreas de huertos semilleros de esta especie, lo que implica mas de 40.000 injertos (Valera, 1991; Valera, D'Salvo y Castillo, 1992) con mas de 56 clones, principalmente en huertos semilleros

establecidos cercanos a las poblaciones de San Antonio de Maturin, estado Monagas, y Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón, sobre los 800 msnm en las regiones montañosas del noreste y noroeste del país, respectivamente.

En los últimos años se ha evidenciado una pérdida considerable de injertos, de tres o más años de establecidos, lo que ha llevado a considerar que diferentes causas, genéticas, técnicas y culturales, pudiesen estar influenciando el normal desarrollo del injerto. La manifestación varios años después de la

realización de los injertos, ha llevado a pensar en la posible ocurrencia de incompatibilidad vegetativa tardía, con la consecuente pérdida de los mismos.

La incompatibilidad vegetativa se considera como un antagonismo entre patrón y púa o una asociación discordante entre las partes y puede presentarse al poco tiempo o años más tarde de haberse realizado el injerto (Ahlgren, 1972; Slee y Spidy, 1970; Wright, 1976).

En el caso de la incompatibilidad tardía, su ocurrencia puede afectar en menor o mayor grado un programa de mejoramiento genético y/o de producción de semillas, puede modificar los diseños de huerto, la distribución de los clones y la producción de semillas (Zobel y Talbert, 1988; Slee y Spidy, 1970).

El sobrecrecimiento del patrón sobre la púa o viceversa, la clorosis en las hojas, acículas con ápices neuróticos y abundante resina en los tejidos muertos son algunas de las anomalías asociadas a la aparente incompatibilidad y son reportadas por diferentes autores (Copes, 1969; Wright, 1976; Hoff, 1977; Zobel y Talbert, 1988).

Para el caso particular del *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, Slee y Spidy (1970) reportan diferentes niveles de incompatibilidad en clones seleccionados en Queensland, Australia, desde ligera hasta severamente incompatibles.

El estudio de los ramets con síntomas de amarillamiento y su asociación con los clones establecidos, permite inferir las principales causas genéticas o culturales que producen la clorosis y posterior muerte de los mismos, así como proponer alternativas que minimicen los problemas observados.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Santa Cruz de Bucaral se ubica políticamente en jurisdicción del Municipio Unión, Distrito Federación del Estado Falcón. Geográficamente está entre las coordenadas 10° 50' y 10° 51' de latitud norte y 69° 15' y 69° 19' de longitud oeste. La superficie efectiva del huerto es de aproximadamente 157 ha, propiedad de la empresa CVG-PROFORCA.

Las características bioclimáticas, obtenidas de la estación meteorológica ubicada en el huerto, indican que la zona presenta valores promedios anuales para la precipitación, temperatura y humedad relativa de 727 mm, 21,5 °C y 85%, respectivamente. La

evaporación media anual es de 1875 mm, con predominancia de vientos alisios provenientes del este-sur y sur-este, con velocidad promedio de 10,5 km/hora.

La topografía está representada por colinas bajas de relieve semi-ondulado, con pendientes que van desde 5% hasta 20%, y variaciones altitudinales entre los 800 y los 900 msnm. De acuerdo al sistema de clasificación de Holdridge, el área se corresponde con la zona de vida Bosque Húmedo Pre-Montano (Ewell y Madriz, 1980). Los suelos, según el estudio realizado por FUDECO, presentan buenas condiciones de drenaje interno, fertilidad de media a baja y valores de pH que oscilan entre 4,2 y 6,1. Los mismos se encuentran fuertemente compactados, motivado al pastoreo, actividad previa al establecimiento del huerto.

El establecimiento del huerto semillero clonal de pino caribe en Santa Cruz de Bucaral, se inició en 1991 con 40 clones (100 ramets/clon) y una superficie de 20 ha, en 1992 se desarrollaron dos áreas diferentes, una de 14 ha con 70-71 ramets/clon y la otra con 3,31 ha y 16-17 ramets/clon, para un total de 56 clones, la mayoría comunes a las tres áreas establecidas (CVG-PROFORCA, 1991), utilizando para los tres sectores un diseño de huerto aleatorio, balanceado numéricamente y con restricción de homovecindad.

## METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en dos fases; la primera consistió en un censo de todos los clones y ramets establecidos en los años 1991 y 1992, obteniéndose, en el caso de ramets amarillos y/o suprimidos, información de interés de acuerdo a las siguientes variables: altura total del ramet, longitud de copa, altura de injerto, desarrollo de la copa, vigorosidad de la copa, características del injerto, fenología, abundancia de conos, desarrollo de conos y secreción de resinas

En la segunda fase se evaluó la morfología y estado fitosanitario del sistema radical, para lo cual se seleccionó el conjunto de clones que presentaron un mínimo de ocho ramets con síntomas de amarillamiento generalizado. Muestras de raíces fueron colectadas y enviadas al Centro de Microscopía Electrónica de la Universidad de Los Andes para la determinación, tanto de los porcentajes de

colonización micorrízica como de los hongos del suelo asociados a esta condición simbiótica.

La información obtenida en el campo fue ordenada en una base de datos, utilizando un procesador de textos y posteriormente se realizaron análisis estadísticos mediante el paquete SAS®, obteniéndose para cada una de las variables evaluadas, valores de estadística básica, así como coeficientes de variación y frecuencia para cada categoría dentro de cada variable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2 se presentan las conformaciones original y actual de los sectores evaluados para aquellos clones afectados por clorosis. En cuanto a la primera área, la sobrevivencia promedio para el cuarto año es del orden del 63,95% (2657 ramets), con amplia variación entre los clones, desde 5% para el clon 395 hasta un 99% en los clones 235, 364, 370 y 377, ninguno de los cuales presentó individuos con la sintomatología mencionada anteriormente. Del total de clones evaluados, solo 30 presentaron individuos con clorosis en las acículas, lo que representa un 4% de injertos afectados para un total de 106 individuos.

En las áreas establecidas en 1992, se realizaron 3467 injertos provenientes de 56 árboles selectos, de los cuales para 1995 se encontraban vivos el 83,07% es decir 2944, con una variación en sobrevivencia entre el 33,80% para el clon 452 hasta un 100% en los clones 377, 359 y 365 contabilizándose sólo 87 injertos con amarillamiento de acículas concentrados en 30 clones, lo que significa un porcentaje de afectación de 2,96%.

Al analizar la distribución de los ramets afectados por clon, se encontró que proporcionalmente, para 1991 solo 11 clones tenían mas de 8% de ramets con sintomatología de aparente incompatibilidad, aún cuando en términos absolutos los clones 266, 287, 368, 215, 415 y 130 presentaron un número relativamente alto de injertos afectados. Para 1992 solo siete clones superaron el 8% de ramets afectados, siendo los clones 130, 287, 30, 446, 146 y 215 los de mayor abundancia de afectación, encontrándose tres clones comunes en ambos años

En la Figura 1 se presenta la distribución de la cantidad de clones por rangos de amarillamiento para

**CUADRO 1.** Conformación clonal, densidades y sobrevivencia para los clones que presentaron amarillamiento en la Injertación 1991 de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el huerto semillero clonal de CVG-PROFORCA en Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón.

Clon*	Densidad (árb/ha)		Sobrevivencia Actual (%)	Árboles Amarillos	
	Inicial	Actual		Núm.	%
266	100	56	56	14	25,00
287	100	60	60	10	16,67
368	100	36	36	8	22,22
215	100	57	57	7	12,28
415	100	45	45	7	15,56
130	100	63	63	6	9,52
239	100	43	43	5	11,63
294	100	51	51	4	7,84
146	100	57	57	4	7,02
249	100	74	74	4	5,41
296	100	39	39	4	10,26
358	100	45	45	4	8,89
293	100	45	45	4	8,89
366	100	71	71	3	4,23
37	100	75	75	2	2,67
110	100	62	62	2	3,23
206	100	90	90	2	2,22
216	100	66	66	2	3,03
365	100	73	73	2	2,74
395	100	5	5	1	20,00
24	100	64	64	1	1,56
108	100	91	91	1	1,10
111	100	92	92	1	1,09
225	100	83	83	1	1,21
359	100	43	43	1	2,33
360	100	54	54	1	1,85
363	100	63	63	1	1,59
369	100	48	48	1	2,08
401	100	71	71	1	1,41
411	100	39	39	1	2,56
Total	4.000	2.657	56,11	106	2,65

\* Solo incluye clones con sintomatología de aparente incompatibilidad.

las dos áreas (años) estudiadas, observándose que la mayoría de los clones se ubican en las categorías con menos de 10% de ramets con clorosis generalizada.

La Figura 2 detalla para cada año, los clones con mayor abundancia de árboles anómalos, notándose

**CUADRO 2.** Conformación clonal, densidades y sobrevivencia para los clones que presentaron amarillamiento en la Injertación 1992 de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el huerto semillero clonal de CVG-PROFORCA en Santa Cruz de Bucaral, Estado Falcón.

Clon*	Densidad (árb/ha)		Sobrevivencia Actual (%)	Árboles Amarillos	
	Inicial	Actual		Núm.	(%)
130	86	70	81,40	12	17,14
287	86	73	84,88	11	15,07
30	87	86	98,85	7	8,14
446	70	51	72,86	7	13,73
146	86	79	91,86	6	7,59
215	87	76	87,36	5	6,58
366	87	73	84,88	5	6,85
110	86	66	76,74	4	6,06
438	70	58	82,86	3	5,17
452	71	24	33,80	3	12,50
206	87	86	98,85	2	2,33
239	87	63	72,41	2	3,17
296	17	12	70,59	2	16,67
370	87	82	94,25	2	2,44
24	87	81	93,10	1	1,23
216	87	78	89,66	1	1,28
248	87	75	86,21	1	1,33
266	16	15	93,75	1	6,67
294	16	15	93,75	1	6,67
360	87	75	86,21	1	1,33
363	87	74	85,06	1	1,35
365	87	87	100,00	1	1,15
368	16	11	68,75	1	9,09
377	88	79	89,77	1	1,27
395	16	15	93,75	1	6,67
415	16	10	62,50	1	10,00
428	70	53	75,71	1	1,89
434	70	66	94,29	1	1,52
437	71	58	81,69	1	1,72
447	70	55	78,57	1	1,82
Total	3.467	2.944	83,07	87	2,96

\* Solo incluye clones con sintomatología de aparente incompatibilidad.

coincidencia en ambos años en cuanto a los clones con mayor predisposición a la sintomatología estudiada, lo cual podría ser indicativo de tendencias de incompatibilidad tardía a nivel clonal, las cuales para el tercer año se han manifestado en menor proporción debido a la menor edad del injerto.

El Cuadro 3 contiene los resultados obtenidos para cada categoría en cada una de las variables analizadas para los clones con mayor incidencia de ramets afectados. La evaluación morfológica, tanto a nivel de la zona de injertación como de la copa en los ramets con sintomatología de aparente incompatibilidad, muestra que la clorosis generalizada esta acompañada de un desarrollo de copas de moderadas a poco desarrollada y una pérdida de vigor de moderado a acentuado. La mayoría de los injertos son de tipo normal o con un sobrecrecimiento del patrón sobre la púa (tipo campana); la secreción de resinas en las acículas es variable y esta relacionada con el clon, presentándose clones con niveles de secreción de moderada a abundante y otros sin secreción.

El Cuadro 4 contiene la información sobre las características morfológicas del sistema radical de los seis clones con mayor índice de ramets con clorosis generalizada. La morfología del sistema radical en los clones con mayor proporción de árboles cloróticos, es variable. Existe una alta proporción de ramets con raíz principal normal en contraposición a las variantes anómalas (raíces con efecto “J” y en forma de muñón), cuya mayor proporción se encontró en el clon 366 con 40%. Las raíces secundarias son escasas y, en general, de desarrollo normal; solo el clon 287 presentó 50% de las raíces mal desarrolladas y en cepellón.

La evaluación fitopatológica de las raíces demostró infección generalizada de los hongos *Fusarium oxysporum* y *F. solani*, con muerte de las raicillas y una copiosa exudación de resinas en las raíces principales (Mohali, 1996), así como una baja proporción de colonización micorrízica.

La alta mortalidad presente en las áreas estudiadas tiene su origen en la conjunción de una serie de factores bióticos y abióticos, que actúan como predisponentes en las fallas de los procesos de injertación y que en el caso de clones con tendencias de incompatibilidad, pueden incrementar los porcentajes de injertos sin éxito. Entre estos factores se tienen, los aspectos técnicos relativos a la injertación, la compactación de suelos, por excesivo pastoreo, el bajo porcentaje de colonización micorrízica y la presencia generalizada de *Fusarium oxysporum* y *F. solani*.

Los resultados obtenidos para diferentes clones indican variación clonal respecto a la compatibilidad de injertos. De acuerdo a la clasificación de Slee y Spidy (1970), se podría considerar que en Santa Cruz

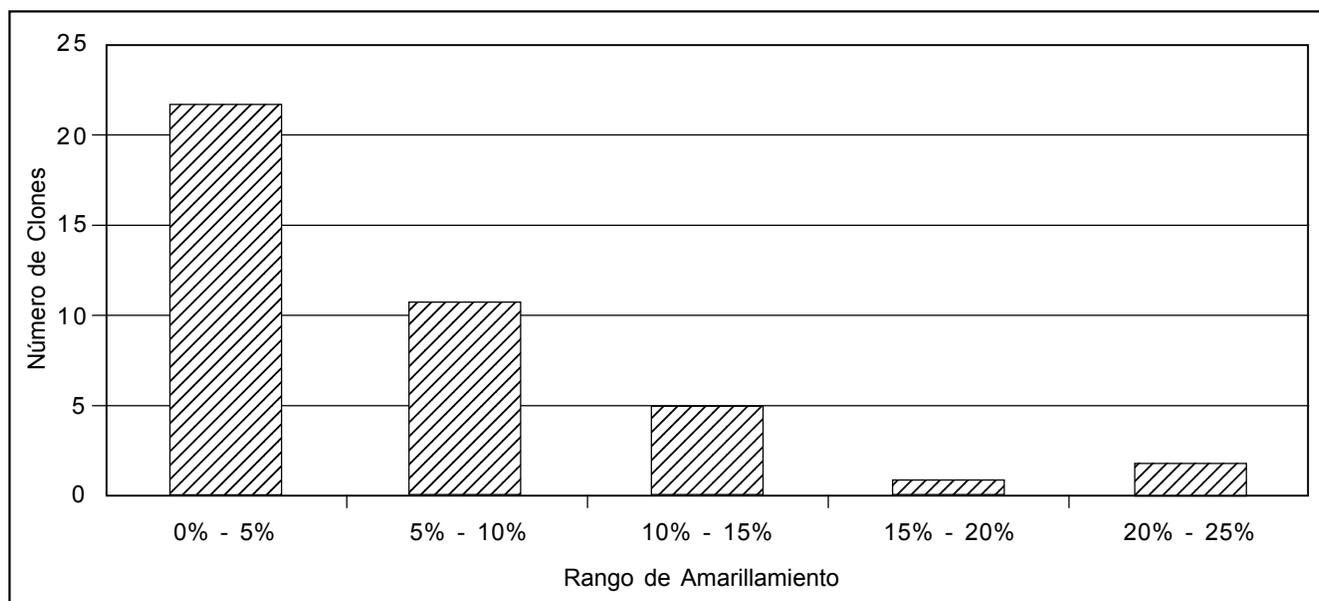


FIGURA 1. Distribución de los clones por abundancia de acuerdo a los rangos de amarillamiento en las áreas evaluadas del huerto semillero clonal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de CVG-PROFORCA Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón.

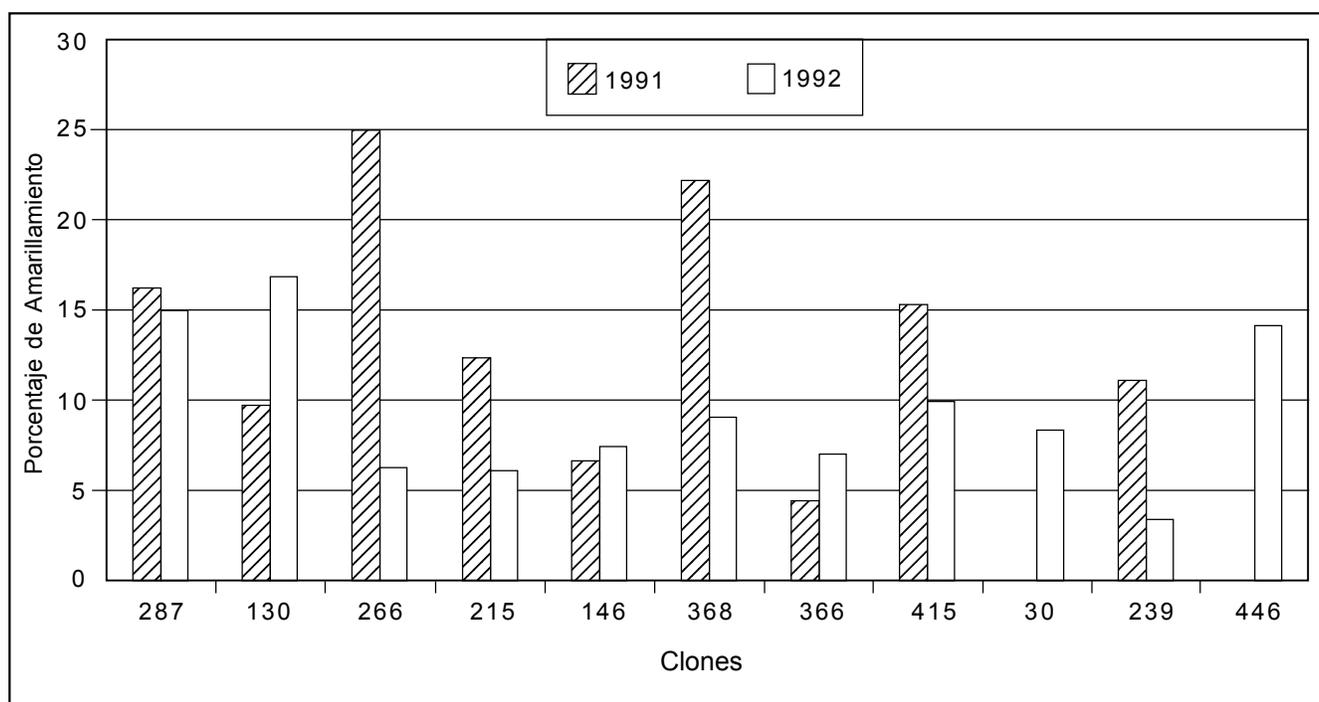


FIGURA 2. Comparación por año en porcentaje de los clones con individuos más afectados con síntomas de amarillamiento en injertos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* del huerto semillero clonal de CVG-PROFORCA, Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón.

de Bucaral se presentan una incompatibilidad de ligera a moderada en algunos clones específicos.

Las características relacionadas al desarrollo del injerto y del sistema radical, si bien son indicativas de los posibles desordenes fisiológicos que pueden

estar ocurriendo, no son concluyentes en la caracterización de incompatibilidad tardía, no obstante, la vigorosidad de la copa y el atrofiamiento del desarrollo son comunes a la mayoría de los injertos afectados.

**CUADRO 3.** Resultados generales de las características cualitativas y cuantitativas de los clones con al menos cinco ramets con síntomas de amarillamiento en el huerto semillero clonal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de CVG-PROFORCA en Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón.

Clon	N	Sobreviv. Actual		Afectados Den. Actual		Desarrollo de Copa		Vigor de Copa		Características del injerto			Secreción de Resinas		
		$\bar{X}$	CV%	$\bar{X}$	CV%	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3
287	21	73,0	17,1	15,8	5,2	23,8	76,2	0,0	100	42,9	0,0	57,1	4,8	9,5	85,7
130	18	75,3	11,9	14,6	25,3	16,7	83,3	0,0	90	61,1	5,6	33,3	38,9	27,8	33,3
266	15	58,5	16,7	23,8	19,9	6,7	93,3	0,0	100	40,0	0,0	60,0	6,7	26,7	66,7
215	12	69,7	22,2	9,9	29,6	0,0	100	0,0	100	58,3	0,0	41,7	41,7	33,3	25,0
146	10	77,9	23,1	7,4	4,1	40,0	60,0	10	90	70,0	10,0	20,0	60,0	20,0	20,0
368	9	39,6	27,5	20,8	21,1	0,0	100	0,0	100	33,3	0,0	66,7	22,2	44,4	33,3
366	8	79,7	9,0	5,9	23,2	12,5	87,5	0,0	100	50,0	0,0	50,0	37,5	25,0	37,5
415	8	47,2	13,1	14,9	13,2	12,5	87,5	0,0	100	62,5	0,0	37,5	50,0	12,5	37,5
446	7	72,9	0,0	13,7	0,0	0,0	70,0	0,0	100	0,0	0,0	100	14,3	42,9	42,9
30	7	98,9	0,0	8,1	0,0	28,6	71,4	0,0	100	71,4	0,0	28,6	14,3	42,9	42,9
239	7	51,4	27,9	9,2	44,8	0,0	100	0,0	100	28,6	0,0	71,4	28,6	42,9	28,6
110	6	71,8	10,6	5,1	28,6	16,7	83,3	0,0	100	50,0	0,0	50,0	33,3	33,3	33,3
296	6	49,5	32,9	12,4	26,7	0,0	100	0,0	100	50,0	0,0	50,0	0,0	66,7	33,3
294	5	59,6	32,1	7,6	6,9	0,0	100	0,0	100	80,0	0,0	20,0	20,0	40,0	40,0

**CUADRO 4.** Resultados comparativos del estudio de las características cuantitativas externas y de las características cuantitativas y cualitativas del estudio del sistema radical de los seis clones con síntomas de amarillamiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el huerto semillero clonal de CVG-PROFORCA en Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón.

Clon	N	Profundidad Raíz Principal		Area Raíces Secundarias		Morfología Raíz Principal			Morfología Raíz Secundaria			Secreción de Resinas	
		$\bar{X}$	Cv%	$\bar{X}$	Cv%	1	2	3	1	2	3	1	2
130	12	0,8	17,6	1,0	8,4	83,3	0,0	16,7	75,0	16,7	8,3	16,7	83,3
287	10	0,8	32,6	0,8	2,2	70,0	10,0	20,0	50,0	50,0	0,0	50,0	50,0
266	9	0,6	40,9	0,6	0,7	66,7	22,2	11,1	88,9	0,0	11,1	33,3	66,7
215	6	0,7	12,2	1,1	2,9	100	0,0	0,0	83,3	16,7	0,0	16,7	83,3
366	5	0,9	33,4	0,8	0,2	60,0	40,0	0,0	80,0	20,0	0,0	20,0	80,0
368	4	0,6	43,1	0,5	0,1	100	0,0	0,0	75,0	25,0	0,0	50,0	50,0

La falta de registros históricos sobre la causa y síntomas asociados con la falla del injerto, hace difícil determinar, como en el caso de los clones 395 y 412, las posible causas genéticas, técnicas o culturales que están operando. De allí que se hace necesario llevar un control estricto de las posibles causas que produzcan fallas tempranas o tardías en la injertación, a fin de detectar incompatibilidad genética y decidir la sustitución de estos clones en el programa de producción de semillas mejoradas. Un estudio de la anatomía de la zona de unión patrón púa en los clones con mayor incidencia de ramets con signos de aparente incompatibilidad se realiza en la actualidad en conjunto con el Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Dr. Marcelino Quijada por sus acertadas sugerencias en la corrección del manuscrito, al Prof. Sari Mohali del Centro de Microscopía Electrónica de la ULA por el análisis patológico de las muestras de raíces y al personal técnico del huerto semillero de Santa Cruz de Bucaral, especialmente a los Ingenieros Forestales Martín Gutiérrez y Adonis Alfonso por el apoyo prestado en la fase de campo. Al Profesor Miguel Plonczak por la traducción del resumen.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLGREN, CE. 1972. Some effects of inter and intra-specific grafting growth of some five-needle pines. *Silvae Genetica*. 21 (3-4): 122-125
- COPEL, DL. 1967. A simple method for detecting incompatibility in 2-year old graft of Douglas fir. United States Forest Service Research Note PNW-70-78.
- CVG-PROFORCA. 1991. Informe de actividades sobre el huerto semillero Santa Cruz de Bucaral. (Informe Interno). Centro de Investigación Forestales de Oriente, El Meruy.
- EWELL, J y A. MADRIZ. 1980. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación. Caracas. Venezuela. 265 pp.
- HOFF, R.7u J. 1977. Delayed graft incompatibility in western white pine. USDA. Forests Service Research Note INT-215.
- MOHALI, SR. 1996. First report of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* associated with root disease of caribbean pine in Venezuela. *Plant Disease* Vol. 80 N° 8: 959.
- POTTINGGER, A. J. 1994. Establishment of clone banks from plus trees selected in the OFI international pine trial network. *Commonwealth Forestry Review* 73 (1): 23-27.
- SLEE, M. and T. SPIDY. 1970. The incidence of graft incompatibility with related stock in *Pinus caribaea* Mor. var *hondurensis* B. et G. *Silvae Genética* 19 (5/6): 184-187.
- VALERA, L. 1992. Integración bosque industria en el establecimiento de plantaciones forestales para la producción de papel. VI Congreso Latinoamericano de Celulosa y Papel. Torremolinos, España.
- VALERA, L., P. D'SALVO y A. CASTILLO. 1992. Ensayos de injertación en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. CVG-PROFORCA, Boletín Técnico N° 8.
- WRIGHT, W. J. 1976. Introduction to Forest Genetic. Academic Press. New York.
- ZOBEL B. and J. TALBERT. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 pp.