

— MÜLLER-STARCK, G.: Survey of Genetic Variation as Inferred from Enzyme Gene Markers. In: MÜLLER-STARCK, G. und M. ZIEHE: Genetic Variation in European Populations of Forest Trees. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main. 20–37 (1991). — MÜLLER-STARCK, G., ZIEHE, M., BERGMANN, F., GREGORIUS, H.-R. und HATTEMER, H. H.: Die Samenplantage als Instrument der Vermehrung von Waldbäumen. Allg. Forst- und Jagdzeitung **153**, 220–229 (1982). — MUONA, O., PAULE, L., SZMIDT, A. E. and KÄRKÄINEN, K.: Mating System Analysis in a Central and Northern European Population of *Picea abies*. Scand. J. Forest. Res. **5**, 97–102 (1990). — RABEN, G., ANDREAE, H. und LEUBE, F.: Schadstoffbelastungen in sächsischen Waldökosystemen. AFZ **51**, 1244–1248 (1996). — Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (SLUG):

Monatsberichte zur Immissionssituation Oktober 1995, November 1995, Dezember 1995, Januar 1996, Februar 1996, März 1996. Dresden (1995a, b, c, 1996a, b, c). — Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (SML): Waldschadensbericht 1994. Dresden (1994). — SCHMIDT-VOGT, H.: Die Fichte. Bd. I. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin (1977). — WEBER, E.: Mathematische Grundlagen der Genetik. Fischer Verlag, Jena (1978). — WEISGERBER, H.: Beiträge zur genetischen Variation der Waldbäume und Gefahren der Genverarmung durch Pflanzenzüchtung. Forstliche Forschungsberichte München **107**, 191 S. (1990). — WEISS, M. und HOFFMANN, J.: Neue Ergebnisse eines Provenienzversuches mit Fichte im Erzgebirge und Thüringer Wald. Arch. Forstwesen **18**, 443–466 (1969).

## Ensayo de Progenies de Saqui-Saqui (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND) sin Aclareo a la Edad Aproximada de 26 Años<sup>1)</sup>

By G. MELCHIOR<sup>2)</sup>, M. QUIJADA R.<sup>3)</sup>, V. GARAY<sup>4)</sup> y L. VALERA<sup>4)</sup>

(Received 26th September 1996)

### Resumen

Se presentan y discuten resultados de un ensayo de progenie de *Bombacopsis quinata* (Saqui-saqui) procedentes de cruces controlados y polinización libre en una edad de aproximadamente 26 años. Los resultados en las características de importancia económica muestran diferencias significativas entre sitios y parcialmente entre progenies. La sobrevivencia presenta interacción entre sitios y progenies. El peso específico de la madera comparado con otros sitios resultó sumamente bajo (aproximadamente 0,30). Correlaciones juvenil-adulto entre 8 y 26 años de edad, permitirían una selección temprana en suelos de buena calidad.

**Palabras claves:** Sobrevivencia, características de crecimiento, rectitud de fuste, peso específico de la madera, correlaciones juvenil/adulto.

**FDC:** 232.11; 176.1 *Bombacopsis quinata*; (87).

### Summary

*A progeny test of Bombacopsis quinata (Saqui-saqui) of about 26 years of age without thinning.*

By the continuous help of Prof. W. LANGNER the senior author became the possibility to work between 1961 to 1963 and 1968 and 1971 in the Institute of Silviculture of the Faculty of Forestry, Institute of Silviculture in the University of the Andes in Mérida/Venezuela. Results of this stay are evident in the foundation of a section for seed science and forest genetics and scientifically amongst others in the vegetative propagation of Saqui-saqui by branch and stem sets and grafts, which flowered and bore fruits within mostly 1 to 2 years after plantation. As a consequence in various countries of the

natural distribution of the species in question clonal gardens as genetic resources and seed orchards could be established preferably with branch and stem sets. The problemless planting and treatment of the species in plantations made both – the clonal gardens and seed orchards – to a large field of flowering research in Colombia and Venezuela and to an important fountain of seed production for large scale plantations of about 10000 ha especially in Colombia and Costa Rica.

First crosses and open pollinated progenies (*table 1*) made in Venezuela between 1968 and 1971 were cultivated in the institute's nursery in El Irel, and established as progeny test in El Caimital, the University's experimental forest, Barinas state in 1970. That is a site in the Eastern Llanos near the Yuca River with a pronounced dry period between November and March (min. January/February), a precipitation of 1500 mm (max. June/August) and an annual mean temperature of 26 °C. According to HOLDRIDGE El Caimital is a tropical dry forest. Eighty to 135 species/ha, an abundant number of palm trees of only a few species are growing in this forest of gallery. According to the grade of exploitation it is a secondary forest with few precious species as Mahogany and Saqui-saqui. The soils of the 3 test sites are sandy to clay differentiated in higher and lower parts of the ground, the "bancos" and "bajíos", and sporadic inundation for hours or days. The better test site seemed to be the river side ("agrobancor"), followed by the "banco arenoso" and the "banco negro" with higher content of clay and the longer inundations.

The seedlings were planted in June/July 1970 during the raining season without any fertilization but the refined soil of each of the holes of 40 cm of depth and 30 cm x 30 cm of width. The distance between plants were 3.5 m x 2.5 m (banco arenoso, banco negro) and 5 m x 5 m (agrobancor) respectively. The design were disbalanced complete randomized blocks with plots of 4 plants. Between 1970 to 1982 the trial was cleaned 2 times a year by machete and after that time sporadically within the rows till 1995. In 1996 the trial was completely cleaned from weed, climbers and other tree species. No thinning took place within 26 years.

The properties measured and assessed were total height and survival between 1970 to 1982 and circumferences when the trees had a height of more than 2 meters. In the age of 12 years

<sup>1)</sup> Prof. Dr. W. LANGNER con felicitaciones y los mejores deseos en nonagésimo cumpleaños.

<sup>2)</sup> Director y Prof. jubil., Dr. rer. nat., Christian-Rinck-Straße 11, D-35392 Giessen/Alemania.

<sup>3)</sup> Prof. jubil., PhD., Ing. For., Urb. Las Marías, Edif. María Alejandra, Piso 7, Apto. 7–23, Mérida/Venezuela.

<sup>4)</sup> Prof., Msc., Ing. For., Instituto de Silvicultura, Grupo GENSILV., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida/Venezuela.

additionally the straightness of the bole, the bifurcation and the specific weight of wood and in the age of 26 years the above mentioned properties, the length of the commercial bole and others were taken. For processing in a microcomputer the packet SAS was used. The commercial volume of the boles was calculated by the official formula of the proper ministry.

Results of economic importance are presented and discussed. The survival of the 8 common progenies in all 3 sites is summarized in table 2. As shown the agrobanco near the Yuca river exceeds the other sites numerically considerably. That is true also for all the parameters of growth. The reasons for it are seen in the neighbourhood of the river with a high level of water in the subsoil also during the dry season, better soil quality in this site, missing inundations of more than a few hours and less competition by a larger planting distance. The trees of the row of isolation of the agrobanco surpass in growth properties all the other sites considerably (Table 2) which indicates for future plantations the need of larger planting distances and/or thinning in an early age.

There exists significant variation between progenies in respect to survival, the length of commercial boles and as a consequence of the commercial volume. Progenies are varying with the replicate showing the heterogeneity of the site and with the site in relation to survival but in no one of the growth properties (Table 3, 4).

A mean of 80% characterizes the quality of straight stems in all trial sites; especially the banco arenoso with a mean soil quality and the progenies 1, 4, 13 and 25 showed a very high number of straight boles (Fig. 1).

The specific weight of the wood of Saqui-saqui is of about  $0.30 \text{ g/cm}^3$  (Table 6) after 12 years of planting and did not show any relation neither to the site nor to a particular progeny. Compared with other results from Venezuela, Colombia and Costa Rica of about 0.40 it is rather low. But there is variation of the specific weight with the height of the bole and with the age in other results of research. It is therefore a need to intensify the research on the important physical and mechanical wood properties of the species in question.

Correlations in relation to the specific weight and total height of the stems in an age of 12 years were statistically significant; as shown (Table 5) they are more strictly for the sites of less soil quality and less height growth which is indicated also by the correlations between circumference and specific weight. It only reaches a significant level on the banco negro the site with the lesser soil quality.

Beside of thinning as applied in Costa Rica the productivity of Saqui-saqui can be improved by the selection of corresponding sites (Table 2, 3) and the selection of better growing progenies indicated by a significant progeny x site interaction (Table 3, Fig. 2). Especially families with the clone 4.68 (Table 1) as parent showed a good growth (and survival) in all crosses. This clone is highly autocompatible and did not result in any deficiency of in-breeding; therefore it might be preferred for the seed production in seed orchards and artificial crosses together with others of a simultaneous flowering behaviour.

To shorten the breeding time of Saqui-saqui juvenile/adult- (8/26 years-) correlations were calculated for some important growth properties. Their significance at a high level (Table 7) permits an early selection already in an juvenile stage on sites of a mean to a good soil quality as presented by the agrobanco and banco arenoso. In base of this result an early selection on soils of less quality than the mentioned above seems not possible.

**Key words:** Survival, growth properties, bole straightness, specific weight of the wood, juvenile/adult-correlations.

## Introduction

Ya en la decada de los 60 el peligro de perder poblaciones de *Bombacopsis quinata* (Saqui-saqui) era bastante grande, como

lo evidencia la pérdida completa de la Reserva Forestal de Turén en Venezuela, que compitió con intereses agropecuarios. En ese sentido, el Dr. LAMPRECHT, Director del Instituto de Silvicultura de la Universidad de los Andes, sugirió salvar árboles individuales de fenotipo aceptable de esta valiosa especie, a través de la propagación vegetativa y plantación en fajas en el Bosque Universitario Experimental El Caimital, lo que constituyó un primer intento en la conservación de un reservorio genético por métodos silvícolas en Venezuela (FINOL y MELCHIOR, 1970; MELCHIOR, 1978).

Esta idea marcó el inicio para las investigaciones posteriores. Se logró la propagación vegetativa de Saqui-saqui a través de trozas gruesas de troncos y ramas hasta 25 cm de diámetro entre 1961 y 1963 en los Llanos Occidentales de Venezuela (MELCHIOR, 1965; MELCHIOR y QUIJADA, 1972). Las estacas produjeron brotes flores y frutos en un lapso de tiempo de más o menos dos años.

Aunque este método no resultó adecuado para cumplir con la meta silvicultural de propagación en masa, permitió acelerar la reproducción generativa y la conservación de la especie en huertos semilleros clonales en la estación experimental El Irel (Edo. Barinas, MELCHIOR, 1970) con individuos procedentes del Bosque Universitario El Caimital, de la Reserva Forestal de Ticoporo (Edo. Barinas) y de la Reserva Forestal de Turén (Edo. Portuguesa).

Adicionalmente, se logró la injertación de la especie en cuestión, con la posibilidad de completar los huertos de estacas por injertos (MELCHIOR et al., 1971). Sin embargo, los huertos establecidos nunca resultaron en jardines semilleros balanceados (QUIJADA, 1981, 1982). En Venezuela se les aprovechó básicamente como colecciones de clones, para la conservación del material genético y ampliamente para las investigaciones de la biología reproductiva (QUIJADA, 1971, 1980; QUIJADA y TORRES, 1972).

Los resultados de todos esfuerzos fueron aprovechados y adelantados en la práctica principalmente en Colombia con el establecimiento de grandes huertos semilleros, en coincidencia con la exigencia de las compañías reforestadoras (URUEÑA, 1991 a, 1991 b, 1992) y de instituciones estatales (TRIVIÑO, 1993). Debido a la fácil producción de semillas y al gran potencial como especie apta para plantaciones comerciales (KANE et al., 1993), se establecieron tanto en Colombia como en Costa Rica (NAVARRO y MARTÍNEZ, 1989; CATIE, 1991) grandes áreas reforestadas con Saqui-saqui.

Los primeros frutos producidos por polinización libre y por cruzamientos controlados en los huertos semilleros se cosecharon en Venezuela en 1968. Se sembraron las semillas el mismo año en la Estación Experimental El Irel/Barancas, Edo. Barinas y se estableció, con plántulas cultivadas hasta 1970, un ensayo de progenie en tres sitios del Bosque Universitario El Caimital. Otro ensayo de progenie con semillas de polinización libre nació en 1986 en la Reserva Forestal de Caparo (QUIJADA, 1988).

CAMCORE estableció ensayos en varios países centro americanos, Colombia y Venezuela con semillas de polinización libre de todo el área de distribución natural de la especie (DVORAK y DONAHUE, 1991; KANE et al., 1993). Estos trabajos forman una base altamente valiosa para la conservación de reservorios genéticos y para futuros trabajos de mejora genética con el aprovechamiento de progenies superiores.

También en Honduras se establecieron en 1988/1989 ensayos de progenies (CHAPLIN y PONCE, 1991). Sin embargo, no existe otro ensayo de progenies con material identificado de 26 años de edad. Por eso los resultados de este ensayo en el bosque Caimital, hasta hoy no publicado, dan indicaciones importantes

aún cuando el mismo no haya tenido la óptima atención y no se hayan aplicado las intervenciones necesarias.

## Métodos

### Polinización libre y cruzamientos controlados

Se obtuvo semillas por polinización libre de varios clones en los huertos semilleros de El Irel y de un solo clon en el huerto clonal en Bum-Bum (Ticoporo), hasta mayo de 1970. procedentes de Turén, Ticoporo y Caimital. Los cruzamientos controlados (*Cuadro 1*) se realizaron con polen fresco de flores emasculadas entre las 7 y 11 de la noche; entre ellos también se encontraron tres autocruces con buenos resultados de fructificación. Fue fácil identificar los botones florales maduros al abrirse durante la siguiente noche. Para ello se consideró el largo específico de dichos botones en cada clon previo a la antesis.

*Cuadro 1.* – Detalles de los cruzamientos realizados entre 1968 y 1970 y de la cantidad de replicaciones de ensayo de progenies de Saqui-saqui en cada uno de los sitios establecido en el Bosque Universitario Experimental El Caimital, Edo. Barinas/ Venezuela. Las progenies 3, 20, 22 y las 12, 21 y 23 son idénticas. Para efectos de procesamiento se consideraron como progenie 3 y 12 respectivamente. HCTi = Huerto clonal en Bum-Bum, Ticoporo, Edo. Barinas; HSEI = Huertos semilleros en El Irel, Edo. Barinas; C = Bosque El Caimital; Ti = Reserva Forestal de Ticoporo; Tu = Reserva Forestal de Turén, Edo. Portuguesa; I 25= Injerto 25 sin identificar el clon. PL= Polinización libre.

Details of the crosses made between 1968 and 1970 and the number of the progenies in each site in the Experimental Forest El Caimital of the University of the Andes, Mérida/Venezuela. The progenies 3, 20 y 22 and 12, 21 and 23 are identicals; for processing they were considered as 3 and 12 resp. Huerto clonal = clonal garden; huerto semillero = seed orchard; I 25 = Graft no. 25 without identifying the clon; PL = open pollination.

No. de Ensayo	Cruza- mientos	Procedencia de los clones mater- nos	pater- nos	Número de replicaciones en el ensayo de	Agro- banco	Banco arenoso	Banco negro
1	4.68x1.68	Ti	Tu	5	3	3	
2	1.66x1.66	C	-	5	3	0	
3	4.68x4.68	Ti	-	5	3	2	
4	4.68	PL	HSEI	5	2	2	
5	4.68x5.68	Ti	C	5	0	0	
6	1.66x7.65	C	C	5	1	0	
7	I 15x12.5	C	C	2	0	0	
8	1.67x1.67	Ti	-	5	3	0	
10	1.66x1.65	C	C	5	1	0	
11	1.66x5.68	C	C	3	0	0	
12	4.68x1.66	Ti	C	5	3	3	
13	4.68xI 25	Ti	C	5	2	3	
14	I 25x1.66	C	C	2	0	0	
15	5.68x4.68	C	Ti	4	0	0	
16	4.68x1.67	Ti	Ti	4	0	0	
17	4.68x7.65	Ti	C	2	0	0	
18	5.68x8.65	C	C	1	0	0	
19	1.67	PL	Ti	HCTi	4	0	0
20	4.68x4.68	Ti	-	5	2	0	
21	4.68x1.66	Ti	C	5	3	3	
22	4.68x4.68	Ti	-	5	0	0	
23	4.68x1.66	Ti	C	5	3	3	
24	1.66	PL	C	HSEI	4.5	3	3
25	13.68	PL	Ti	HSEI	5	3	2

Para aislar las flores, se les cubrió con un tejido de muselina hasta que los frutos alcanzaron una longitud de aproximadamente dos centímetros. En ese momento se destaparon para no aumentar innecesariamente la temperatura en el interior de las bolsas. Las semillas se extrajeron a mano cuando los frutos cambiaron de color, de verde hasta marrón claro ó marrón oscuro, y tomaron una consistencia leñosa.

### Cultivo de las plántulas

Se sembraron las semillas en diferentes fechas entre el mes de junio del año 1968, hasta principio de marzo de 1970, durante la época de lluvia, bajo sombra, en bolsas plásticas en el patio de la Estación El Irel. Se cultivaron las plántulas hasta fines de abril del año 1970, cuando tuvo lugar el transporte a los sitios de plantación, en el Bosque El Caimital.

### El Sitio

El sitio del bosque Caimital es prácticamente plano, con drenaje superficial durante el período de lluvias. Los bajos que retienen aguas de lluvias y los bancos, partes más elevadas con efectos tempranos de sequía, caracterizan su topografía. Los suelos aluviales de materiales arrastrados tienden como clímax a la laterita. En los márgenes del Río Yuca se distinguen las categorías franco-arenoso en los bancos y franco arcilloso en la terraza inferior. Los sitios del agrobanco y del banco arenoso corresponden más bien al franco arenoso y limoso, mientras que el banco negro corresponde a los bajos de tipo arcilloso (BERNAL, 1963).

La temperatura media anual es de 26 °C–27 °C. La precipitación media anual es apoximadamente 1500 mm, alcanzando máximo en junio y agosto y su mínimo de enero a febrero, sequia que se prolonga generalmente desde diciembre hasta marzo. De acuerdo con Pittier se trata de un bosque tropófito macrotérmico y según HOLDRIDGE (1967) se corresponde con un bosque seco tropical (EWELL y MADRIZ, 1976). La cercanía del Río Yuca como lindero norte exhibe algunos aspectos propios del bosque de galería. Se basa en una cantidad de 80 hasta 135 especies arbóreas con una gran abundancia de pocas especies de palmas, y en la cercanía del río grandes extensiones de Guasdua, una gramínea gigante (MARCANO, 1964).

Según el grado de explotación es un bosque secundario con pocas especies de madera valiosa como Caoba (*Swietenia macrophylla*) y Saqui-saqui (*Bombacopsis quinata*).

El suelo es un banco arenoso-arcilloso con ligera inclinación norte (agrobanco) – sur (bosque), inundándose esporádicamente solo en su parte sur. Los otros suelos son de banco negro (arcilloso) y de banco arenoso dentro del bosque El Caimital. También el banco negro se inunda esporádicamente.

### Plantación

Los ensayos en el Bosque Universitario El Caimital se establecieron en los meses de junio (ensayo del agrobanco) y julio del año 1970 (ensayos de banco arenoso y banco negro), después de haber realizado limpiezas manuales, eliminando completamente malas hierbas y arbustos.

Los hoyos, de aproximadamente 40 cm de profundidad, tenían un ancho de 30 cm x 30 cm y fueron hechos con barretón y pala. No se realizó ninguna fertilización inicial, pero en cada uno de los hoyos se anadió el propio suelo refinado y excavado previamente.

### Diseño experimental

Se diseñaron los ensayos como bloques completos al azar, desbalanceados, ya que algunas de las progenies resultaron tener cantidades insuficientes de plántulas (*Cuadro 1*). Cada una de las parcelas consistió de cuatro plántulas.

El distanciamiento fue rectangular de 3,5 m entre filas y 2,5 m entre árboles en los ensayos de banco arenoso y banco negro y de 5 m x 5 m en el ensayo ubicado al lado del Río Yuca (agrobanco), el cual fue plantado al tresbolillo.

### Limpiezas

Entre los años 1970 a 1982 se limpiaron por completo los ensayos dos veces por año, en forma manual con machete. A partir del año 1983, se limpiaron esporádicamente en las filas hasta 1995. En 1996 la limpieza era nuevamente en forma completa, realizándose adicionalmente una liberación de los árboles, de los bejucos.

### Aclareos

No se aplicó ningún aclareo en los ensayos ni ninguna otra intervención.



**Cuadro 3.** – Significancia estadística para sobrevivencia, alturas total y de fuste comercial, diámetro, área basal y volumen comercial para 8 progenies de Saqui-saqui comunes en los 3 sitios ensayados. ns = no significativo, \* = significativo a una probabilidad del 5%.

Statistical significance for survival, total and commercial height of the stem, diameter, basal area and commercial volume of 8 common progenies of Saqui-saqui at 3 test sites.

Fuentes de variación	Sobrevivencia (%)	Alturas total fuste (m)	Diámetro (cm)	Área basal (cm <sup>2</sup> )	Volumen commerc. (m <sup>3</sup> )
Sitios	*	*	*	*	*
Replicas	ns	*	ns	ns	ns
Progenies	*	ns	ns	*	*
Prog x repl	*	ns	ns	ns	ns
Sitios x prog	*	ns	ns	ns	ns

No se observó variación entre réplicas pero las ocho progenies comunes en los tres sitios del ensayo varían significativamente (*Cuadro 3*). El test DUNCAN las diferencia en tres grupos (*Cuadro 4*) cada uno con más de 75% de árboles sobrevivientes. La progenie 1, con una media de 86%, fué lá que sobresalió numéricamente por sobre todas las otras.

**Cuadro 4.** – Discriminación de medias según el test de DUNCAN para las características cuantitativas y sobrevivencia de las 8 progenies de Saqui-saqui comunes en los 3 sitios ensayados. Progenies unidas por una letra común son estadísticamente no significativas a un nivel del 5%.

Discrimination of the means of survival and quantitative properties of 8 progenies of Saqui-saqui according the test DUNCAN at 3 test sites.

Sobrevivencia (%)			Altura total (m)			Altura de fuste comercial (m)		
Prog	Media	Dunc	Prog	Media	Dunc	Prog	Media	Dunc
1	86.4	a	13	20.09	a	3	10.88	a
4	84.6	a	4	19.75	a	4	10.71	a
13	84.6	a	3	19.21	ab	12	10.08	ab
25	83.7	ab	25	19.05	abc	1	9.91	ab
15	81.7	abc	12	18.50	abc	15	9.62	ab
12	81.3	abc	15	18.49	abc	25	9.51	ab
3	78.5	bc	1	18.85	bc	13	9.24	b
24	76.9	c	24	17.29	c	24	8.77	b

Diámetro (cm)			Área basal (cm <sup>2</sup> )			Volumen comercial (cm <sup>3</sup> )		
Prog	Media	Dunc	Prog	Media	Dunc	Prog	Media	Dunc
13	31.9	a	13	0.087	a	4	0.752	a
4	30.7	a	4	0.083	a	3	0.688	ab
24	29.5	ab	3	0.078	ab	13	0.635	abc
3	29.4	ab	24	0.075	abc	12	0.598	abc
12	28.5	abc	12	0.072	abc	24	0.535	bc
25	27.8	abc	25	0.066	abc	25	0.512	bc
15	25.7	bc	15	0.057	bc	1	0.459	c
1	25.1	c	1	0.056	c	15	0.450	c

La distribución de la sobrevivencia de las progenies comunes para cada uno de los tres sitios ensayados presenta una interacción de sitios x progenies. El *cuadro 3* muestra la significancia estadística de esta interacción. Como ejemplo, la progenie 1 solo en el agrobanco y en el banco arenoso figura entre las primeras (rango 1 y 3 resp.); en el banco negro se ubica en el penúltimo lugar, por el contrario la progenie 4 se conserva en altos rangos en todos los sitios ensayados: rangos 4, 3 y 3 para banco arenoso, banco negro y agrobanco, respectivamente.

La interacción de las réplicas por progenies se manifiesta con diferencias significativas mostrando la heterogeneidad de los sitios (*Cuadro 3*).

La sobrevivencia después de una edad de aproximadamente cuatro años ya no mostró cambios fuertes en los tres sitios ensayados. Las progenies restantes además de las ocho comunes (*Cuadro 1*) coinciden con esta tendencia de la sobrevivencia.

#### Características de crecimiento

Tanto la altura total, del fuste comercial, el diámetro, área basal y el volumen comercial, varían en alto grado con el sitio. El agrobanco se presenta como mejor sitio para el crecimiento

del Saqui-saqui (*Cuadro 2*). La heterogeneidad en los sitios se manifiesta por la variación significativa de la altura total y del fuste comercial entre las réplicas de cada sitio (*Cuadro 3*). Sin embargo, la variación de la altura es pequeña y las interacciones al respecto se pueden obviar.

Solo el fuste comercial, el área basal y, como consecuencia el volumen comercial resultaron significativos entre progenies (*Cuadros 2 y 3*). La amplia variación de las diferentes familias con el sitio y la diferencia entre familias se muestra para el diámetro, área basal y volumen comercial, respectivamente. *Cuadro 4* muestra la discriminación de medias del ensayo por familia según el test Duncan. La familia 13 sobrepasa las otras familias numéricamente en tres características: Altura total, diámetro y área basal.

Los árboles del borde del agrobanco tenían un crecimiento mucho mejor que los ensayados en los tres sitios (*Cuadro 2*), el volumen comercial de éstos alcanzó valores numéricos hasta más que cuatro veces superiores al banco negro, aproximadamente tres veces superiores al banco arenoso y casi 25% más que los árboles ensayados del agrobanco.

La correlación entre la altura total de los árboles y la circunferencia a la altura de pecho a una edad de 12 años mostró resultados estadísticamente significativos (*Cuadro 5*).

**Cuadro 5.** – Corelaciones simples entre altura total (ALT), circunferencia a altura de pecho (CAP) y peso específico (PESP) en los tres sitios de ensayo a los 12 años de edad.

Simple correlations between total height (ALT), circumference a.b.h. (CAP) and specific weight of the wood (PESP) 12 years after planting.

Sitios	ALT-CAP	ALT-PESP	CAP-PESP
Agrobanco	0.7150*	0.2176*	0.0498ns
Banco arenoso	0.8485*	0.4690*	0.3162ns
Banco negro	0.9143*	0.8766*	0.8330*
Todos	0.7927*	0.4337*	0.2842*

#### Calidad de fuste

Una media de alrededor del 80% para todas las progenies en los tres sitios ensayados caracteriza la cantidad de fustes rectos. Llama la atención que el sitio de calidad mediana (banco arenoso) produjo una cantidad alta de troncos rectos. Son especialmente las progenies 1, 4, 13, y 25 las que mayor aporte hacen a esta condición de calidad (*Figura 1*).

#### Peso específico a los 12 años

En 1982 se tomaron datos en base a muestras no destructivas mediante la técnica del barrenado de Pressler. Los valores resultantes se recopilaron en el *cuadro 6*, éste contiene la información sobre las características de las ocho progenies de Saqui saqui comunes en los tres sitios ensayados en El Bosque Universitario El Caimital. No indican ningún patrón para un sitio o para una progenie en particular. Las progenies interaccionan con las réplicas/sitio para todas las características cuantitativas, observándose una significancia estadística a una probabilidad del 5%.

La altura y el peso específico de la madera presentaron correlaciones significativas positivas en todos los sitios, pero la correlación entre la circunferencia y el peso específico, sólo mostró en el banco negro, significancia (*Cuadro 5*).

#### Correlaciones juvenil-adulto

En el *cuadro 7* se presentan los resultados de los coeficientes de correlación juvenil adulto (evaluaciones de 1978 y 1996) entre las características de importancia para la realización de una selección temprana. En el mismo se aprecia que en el análisis conjunto para el total de los sitios ensayados las correlaciones para todas las variables resultaron significativas. Lo

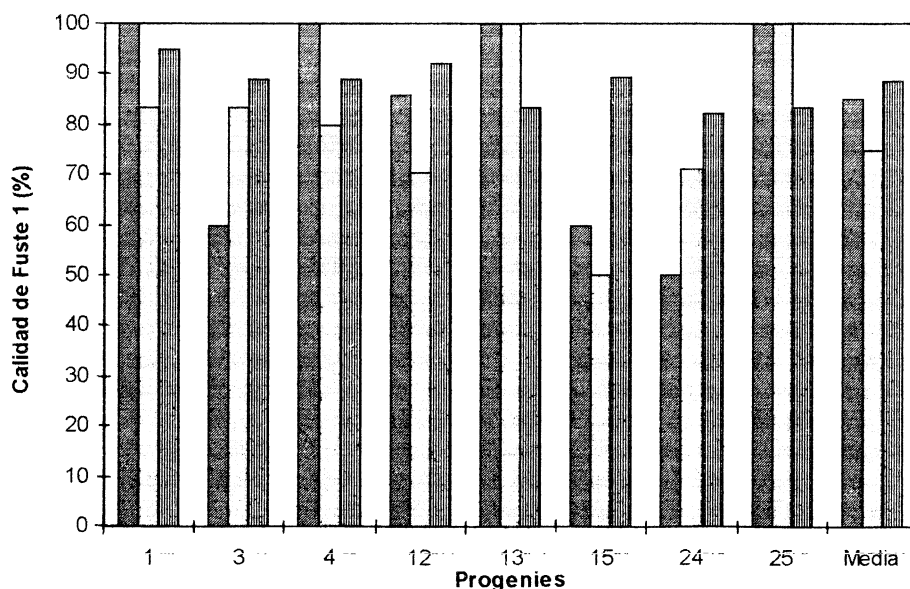


Figura 1. – Distribución de la rectitud de fuste (calidad 1) de las progenies comunes para cada uno de los sitios de ensayo. De la izquierda a la derecha = banco arenoso; banco negro; agrobanco.

Distribution of the straightness of the stem (stem quality 1) of 8 common progenies for each one of the sites of the trial.

Cuadro 6. – Promedios por sitio y total del peso específico ( $\text{g/cm}^3$ ) de la madera de 8 progenies de Saqui-saqui comunes en 3 sitios 12 años después de plantación.

Means per site and total of the specific weight of wood of Saqui-saqui at 3 sites of the trial 12 years after planting.

Progenie	Sitios del ensayo			Total
	Agrobanco	Banco arenoso	Banco negro	
1	0.2864	0.3133	0.2868	0.2925
3	0.2822	0.3325	0.3078	0.3047
4	0.2932	0.3231	0.2836	0.2982
12	0.2882	0.3272	0.3065	0.3054
13	0.3232	0.2797	0.2808	0.2993
15	0.2784	0.3130	0.2774	0.2885
24	0.3075	0.2719	0.3078	0.2969
25	0.3100	0.2868	0.2822	0.2961
Total	0.2962	0.3049	0.2922	0.2977

mismo ocurrió individualmente en el agrobanco y el banco arenoso, mientras que en el banco negro, no se observó una significancia estadística en las variables analizadas.

## Discusión

Solo los ensayos del banco arenoso y el banco negro pueden ser comparados entre sí, ya que comparten una misma densidad de plantación de 1142 árboles/ha en ambos sitios, mientras que en el agrobanco, la densidad fue de 400 árboles.

En el agrobanco la sobrevivencia y los parámetros de crecimiento sobrepasaron el desarrollo de los otros sitios. Se pueden suponer varias causas principales para este hecho, la cercanía del Río Yuca, lo que aseguraba suficiente agua en el subsuelo durante la época de sequía; la calidad del suelo mejor que en los otros sitios, la condición de banco alto que evitó inundaciones o les redujo a períodos de tiempos cortos (horas), y como ultima causa, la competencia entre plantas resultó inferior motivado al mayor distanciamiento. Los motivos anotados sugieren los bancos altos con un nivel freático alto sin inundaciones, una calidad edáfica mediana (y distanciamientos grandes) como sitios preferibles de plantación de Saqui-saqui para que esta especie exprese todo su potencial.

Los resultados obtenidos y presentados en cuadro 2, muestran lo que se podría esperar en plantaciones de una

mezcla de semillas en calidades de suelos similares a las del agrobanco. Bajo estos supuestos con una altura comercial de 10,40 m correspondientes a los árboles del ensayo, entonces el Saqui-saqui en plantación debería producir sin intervención un volumen comercial de más de 300  $\text{m}^3$  por hectárea a los 26 años de establecida. Esta producción puede ser aumentada por tratamientos silviculturales, aún en una edad temprana. Se trata de aclareos cuyos efectos mostró CHAVES (1994) en Nicoya y Santa Cruz (Guanacaste, Costa Rica), donde intervino plantaciones con 2500 árboles/ha y 1600 árboles/ha, a los cinco y siete años de edad cuando las mismas habían alcanzado un área basal entre 22  $\text{m}^2/\text{ha}$  y 25  $\text{m}^2/\text{ha}$ . En esta edad extrajo entre 6  $\text{m}^3/\text{ha}$  y 8  $\text{m}^3/\text{ha}$  logrando un buen ritmo de crecimiento, recomendando además un segundo aclareo bajo el mismo procedimiento.

Además de la mejora debido a los métodos silviculturales, el Saqui-saqui puede ser mejorado adicionalmente por métodos genéticos. Al menos una de las progenies comunes ensayadas dió buenos resultados en los tres sitios de ensayo. La progenie

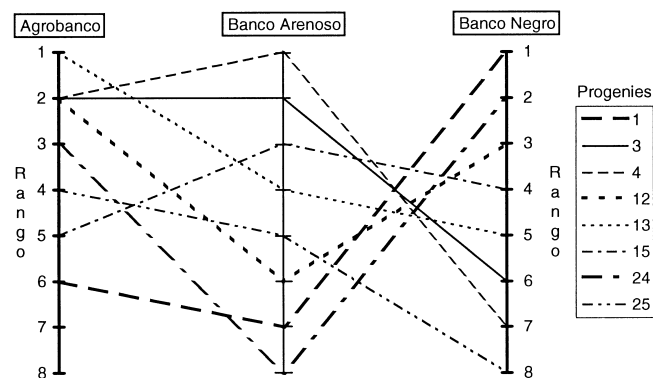


Figura 2. – Rangos del área basal de las progenies de Saqui-saqui comunes en relación con la calidad descendente de los 3 sitios del ensayo.

Ranks of the basal area of the common progenies in 3 test sites in relation to descending soil quality.

13 sobrepasó un rango medio (mayor que 5) en su área basal como parámetro importante para la productividad, ocupó el primer lugar en el agrobanco y los rangos 4 y 5 en banco arenoso y banco negro, respectivamente. Las progenies 3 y 4 se encuentran en altos rangos en los dos mejores sitios (agrobanco y banco arenoso), la 15 en el banco arenoso y banco negro (rangos 3 y 4), y las progenies 1, 12 y 24 en el banco negro ocupan los primeros rangos. La progenie 25 manifiesta una tendencia negativa en los rangos para los tres sitios ensayados, ubicándose siempre por debajo del promedio (Figura 2).

Ahora bien, las progenies que ocupan los rangos altos (3, 4 y 13) tienen una relación de parentesco, en la cual presentan como ente materno el clon 4.68, lo que permite recomendar el uso prioritario de este clon en los cruces futuros. También se podría considerar la posibilidad de establecer huertos semilleros por polinización libre, rodeando este clon, por ejemplo, con los clones 1.66, 1.68 y 5.68, y otros con floración simultánea, para lo cual el trabajo de QUIJADA y TORRES (1972) podría ser de gran utilidad. Llama la atención el hecho de que los descendientes de este clon autocompatible, no mostraron ningún defecto por consanguinidad, al contrario, esta progenie es caracterizada por un desarrollo superior en comparación con otras familias del ensayo.

Selecciones tempranas en poblaciones definidas y relacionadas por la descendencia pueden abreviar los pasos de un programa de mejora genética considerablemente. En este estudio ha sido posible pronosticar los parámetros importantes de crecimiento para la edad de 26 años por el crecimiento a la edad de 8 años con una alta confiabilidad (Cuadro 7).

Cuadro 7. – Coeficientes correlaciones juvenil-adulto entre las características de importancia para selección temprana: altura (ALT), circunferencia a altura de pecho (CAP) y área basal (AB) a los 8 y 26 años después de plantación.

Coefficients of juvenile-adult correlations of important properties as height, circumference a.b.h. and basal area 8 and 26 years after planting.

Variables	Agrobanco	Banco arenoso	Banco negro	Total
ALT 78/ALT 96	0.4887*	0.7732*	0.1663ns	0.7241*
CAP 78/CAP 96	0.7469*	0.7628*	0.2442ns	0.8168*
CAP 78/ALT 96	0.4698*	0.7356*	0.1915ns	0.7260*
AB 78/ AB 96	0.7374*	0.6951*	0.2488ns	0.8038*
AB 78/CAP 96	0.7443*	0.7418*	0.2617ns	0.8085*

Estos resultados indican la posibilidad de realizar una selección temprana, en aquellos sitios de buena calidad, como es el caso del agrobanco y banco arenoso, pudiéndose extrapolar esta información a aquellos sitios de ensayos y plantaciones comerciales donde las condiciones edáficas sean similares. Suelos superficiales y arcillosos, de baja fertilidad natural y temporalmente inundados como el del banco negro no pueden ser incluidos en este pronóstico. Eso indica que los estudios de los suelos son imprescindibles para aplicar tales métodos.

El peso específico de la madera (Cuadro 6) en una edad de 12 años muestra valores promedios alrededor de 0,30 g/cm<sup>3</sup> a la altura de pecho. Estos valores son bajos al compararlos con otros de la especie, por ejemplo, del norte de Colombia, que varían desde 0,424 en la parte baja del tronco hasta 0,354 en la parte mas alta en árboles de 10 años de edad, y con árboles de 14 años con un promedio de 0,440 (KANE et al., 1993). Igualmente en Costa Rica se reporta un peso mayor de 0,38 a 0,43 (CATIE, 1991) y en Venezuela de 0,39 (OJEDA, 1990). Sin embargo, no se conocen la altura del tronco donde se tomaron las muestras de madera en ninguno de los casos mencionados. De allí resulta necesario hacer un estudio que incluya la variación de la densidad de madera a diferentes edades y alturas,

dentro del árbol, así como en poblaciones grandes, a fin de tener una base segura sobre esta característica y otras importantes propiedades físicas, mecánicas, etc. de la madera de Saqui-saqui.

## Agradecimiento

Agradecemos al Profesor H. FINOL U. y los peritos forestales de antes V. GUTIERREZ y G. TORRES por su valiosa ayuda durante el establecimiento, la toma de datos y por el cuidado del ensayo, durante muchos años. Al Profesor Dr. B. R. STEPHAN, Dr. L. GALLO y Dr. M. LIESEBACH agradecemos la revisión y mejora de este texto.

## Literatura

BERNAL, J.: Evaluación de los resultados del manejo del Bosque Experimental El Caimital. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida, Venezuela (1968). — CATIE: Pochote (*Bombacopsis quinatum* (JACQ.) DUGAND) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No. 172, 44 pp. Madeña/CATIE/ROCAP, Turrialba, Costa Rica (1991). — CHAPLIN, G. y PONCE, E.: Programa de conservación e investigación en *Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND en Honduras. CONSE-FORTH. En: Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central, No. 6, 8–11. CATIE, Turrialba, Costa Rica (1991). — CHAVES, S. E.: Manejo de densidad en rodales de pochote (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND) en las tierras bajas de Costa Rica. Rev. For. Latinoamericana, No. 13, 73–102 (1994). — DVORAK, W. S. y DONAHUE, J. K.: Programa de conservación y mejoramiento genético de *Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND en Centro y Sur América de la Cooperativa CAMCORE. En: Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central, No. 6, 22–25; CATIE, Turrialba, Costa Rica (1991). — EWEL, J. MADRIZ, A.: Zonas de vida de Venezuela. (Memoria explicativa sobre el mapa ecológico). Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas. 180 pp. (1976). — FINOL, U., H. y MELCHIOR, G. H.: Unos apuntes sobre la conservación de reservorios de genes de especies forestales indígenas de actual valor comercial en Venezuela. Rev. For. Venez. No. 19/20 73–82 (1970). — HOLDRIDGE, L. R.: Life Zone Ecology. Tropical. Science Centre, San José, Costa Rica. 206 pp. (1967). — KANE, M., URUEÑA, H., DVORAK, W. and ATHEORTÚA, C.: The potential of *Bombacopsis quinata* as a commercial plantation species. Forest Ecology and Management 56: 99–112 (1993). — MARCANO, B. L.: Estudio dendrológico del Bosque Experimental El Caimital, Estado Barinas. Trabajo especial presentado a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, Venezuela (1964). — MELCHIOR, G. H.: [On the vegetative propagation of *Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND]. (In german). Silvae Genetica 14: 148–154 (1965). — MELCHIOR, G. H.: [The vegetative propagation of *Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND as a base for its seed production in Venezuela]. (In german). Voluntary contribución IUFRO, Section 23. Working group 2. (Tropical silviculture). 6 pp. Ljubljana, Yugoslavia (1970). — MELCHIOR, G. H.: Preservation of forest tree species by branch and stem sets. Eight World Forestry Congr., Jakarta. FQI, 26–2 (1978). — MELCHIOR, G. H., CARRÓZ, R., GUTIERREZ, V. y TORRES, G.: Propagación agámica de saqui-saqui (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND) por injertos. Rev. For. Venez. 14, No. 21: 57–64 (1971). — MELCHIOR, G. H. y QUIJADA, M.: Results of nine year trial on vegetative propagation of *Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND by branch sets. Silvae Genetica 21: 164–166 (1972). — NAVARRO, P. y MARTÍNEZ, H. A.: El Pochote (*Bombacopsis quinatum*) en Costa Rica. Guía silvicultural para el establecimiento en plantaciones. Madeña/CATIE/ROCAP, Serie técnica, Informe técnico, No. 142, 45 pp. (1989). — OJEDA, S.: Maderas comerciales de Venezuela: Saqui-saqui. Ficha técnica, No. 18, 26 pp. Inst. For. Latinoamericano y de Invest, Mérida, Venezuela (1990). — QUIJADA, M.: Evaluación preliminar de tres clones de *Bombacopsis quinata* del Jardín Clonal El Irel, en sus habilidades como árboles semilleros. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida, Venezuela. 46 pp. (1971). — QUIJADA, M.: Floración, producción de semillas y polinización artificial de *Bombacopsis quinata* en Venezuela. En: Mejora genética de árboles forestales, Estudios FAO: Montes 20, 288–290. FAO, Roma (1980). — QUIJADA, M.: Análisis cuantitativo comparativo de jardines clonales balanceados y no balanceados de Saqui-saqui (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND). Trabajo de Ascenso, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida, Venezuela. 95 pp. (1981). — QUIJADA, M.: Establecimiento de huertos semilleros en Venezuela. Trabajo de Ascenso, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida, Venezuela. 68 pp. (1982). — QUIJADA, M.: Variación de progenies de polinización libre de Saqui-saqui (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND) en la Reserva Forestal de Caparo, Barinas/Venezuela a los 21 meses de edad. Rev. For. Venez., No. 30: 7–20 (1988). — QUIJADA, M. y TORRES, G.: Resultados preliminares en la variación en hábitos de floración y fructificación de clones de

Saqui-saqui (*Bombacopsis quinata* (JACQ.) DUGAND). Rev. For. Venez. **15**, No. 22: 37–52 (1972). — TRIVIÑO, D. T.: Huertos semilleros de *Bombacopsis quinata* y *Tabebuia rosea* en Necoclí/Antioquia. CONIF: Informe primera evaluación. Bogotá/Colombia. 29 pp. (1993). — URUEÑA, L. H.: Seis años de manejo del huerto semillero clonal de *Bombacopsis quinata* de primera generación. Monterrey Forestal, Informe de Invest. No. 10,

Zambrano, Colombia. 5 pp. (1991a). — URUEÑA, L. H.: Diferentes sistemas de polinización manual en *Bombacopsis quinata*, Monterrey Forestal, Informe de Invest. No. 14, Zambrano, Colombia. 3 pp. (1991b). — URUEÑA, L. H.: Production and management of *Bombacopsis quinata* (red ceiba) seed. IUFRO: Manejo y Producción de semillas, Cali, Colombia. 5 pp. (1992).

## 101 Familien der japanischen Zeder (*Cryptomeria japonica* D. DON)

### Analyse ihres Wachstums während 50 Jahren

Von S. TOYAMA

Universität Miyazaki, Japan

(Eingegangen am 25. September 1992)

#### Zusammenfassung

Im Herbst 1940 wurden aus den ausgezeichneten Zedernbeständen jeder Region Japans 223 Mutterbäume ausgewählt und die Samen eines jeden einzelnen Baumes getrennt gesammelt. Diese Samen wurden im April 1941 im Forstgarten gesät. Im April 1944 wurden 101 Familien der 3jährigen Bäumchen ausgewählt und von jeder Familie 50 Bäume auf dem Tsukawayama-Zedernzucht-Versuchsgelände in der Präfektur Okayama gepflanzt. Von jeder Familie wurden jeweils 50 Bäume in einer Reihe, alle 10 Reihen wurde jeweils eine Reihe von Probestämmen zusätzlich, insgesamt also 110 Reihen gepflanzt. Weil 23 und 40 Jahre nach der Pflanzung eine Durchforstung stattfand, ist nun (1991) die Aufzucht von insgesamt 1721 gesunden Bäumen (pro Reihe durchschnittlich 16 Bäume) gelungen. Im März 1991 erreichte das Baumalter 50 Jahre. In diesen 50 Jahren wurden Durchmesser und Baumhöhe des gesamten Bestandes 11mal gemessen und die Masse eines jeden Versuchsbaumes errechnet.

In den Untersuchungen während 50 Jahren erkannte man, daß es im Wachstum der Zedern die 4 Typen (1) Wasetypus, (2) Okutetypus, (3) Dauerzuwachstypus und (4) Nicht-Dauerzuwachstypus gibt. Deshalb ist es gefährlich, von Wachstum in den frühen Jahren auf das Wachstum in den späteren Jahren zu schließen. Man kann also die Schlußfolgerung ziehen, daß wenigstens 40 oder 42 Jahre lang, wenn möglich sogar 45 Jahre lang Untersuchungen in den Zuwachsprüfungswäldern durchgeführt werden sollten, wenn man 50 Jahre als Haubarkeitsalter betrachtet.

#### Abstract

Title: 101 families of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. DON). Analysis of growth over 50 years.

In 1940 some 223 trees were selected in the best stands of Japanese cedar of each region in Japan. Seed were collected, kept separately by trees and sown in April 1941. Three years later 50 young trees from 101 families, which were selected out of the total of 223, were planted in a row at the trial site Tsukawayama in the prefecture of Okayama. Measurements of height and diameter have been made at intervals up to the age of 50 years. At age of 23 and 40 the trial plantation has been thinned. After 50 years of growth 1721 trees were left and the results based on single tree volume have been analysed in a simple and plausible way. The best family out of 101 reached

1.142 m<sup>3</sup> per stem, which is 171.5% of the standard (0.666 m<sup>3</sup>), the worst family 0.271 m<sup>3</sup> or 40.7% respectively. Three from a group of the 20 best trees at age 50 (Table 2) have also been best at age 15. The other 17 trees joined the group at different ages between 15 and 50, showing that good "late growers" can catch up. On the other hand, from another group of 20 trees best at age 15, only 3 were able to maintain within the group at age 50, showing that "early growers" often lose their growth potential (Table 3). Four types of growth behaviour can be distinguished: Wase typus = trees grow strongest at young ages, Okute typus = trees grow strongest at older ages, Dauerzuwachstyp = trees grow strongly at all ages, Nicht-Dauerzuwachstyp = trees don't grow strongly at all ages. Field trials, therefore, should be observed for a long time to get reliable results, in this case 40 or 45 years.

Key words: Japanese cedar, Sugi, selection, volume, growth.

FDC: 232.11; 165.4; 161.4; 174.7 *Cryptomeria japonica*; (520).

#### I. Einführung

Diese Studie über die in Japan seit langem wichtigste Holzart in der künstlichen Bestandesbegründung zum Zweck der Genbewahrung und Züchtung wurde im Jahre 1940 begonnen. Im Herbst 1940 wurden aus den ausgezeichneten Zedernbeständen jeder Region Japans 223 Mutterbäume ausgewählt und die Samen eines jeden einzelnen Baumes getrennt gesammelt. Diese Samen wurden im April 1941 im Forstgarten gesät. Im April 1944 wurden 101 Familien der 3jährigen Bäumchen ausgewählt und von jeder Familie 50 Bäume auf dem Tsukawayama-Zedernzucht-Versuchsgelände in der Präfektur Okayama gepflanzt. Von jeder Familie wurden jeweils 50 Bäume in einer Reihe, alle 10 Reihen wurde jeweils eine Reihe von Probestämmen zusätzlich, insgesamt also 110 Reihen gepflanzt. Weil 23 und 40 Jahre nach der Pflanzung eine Durchforstung stattfand, ist nun (1991) die Aufzucht von insgesamt 1721 gesunden Bäumen (pro Reihe durchschnittlich 16 Bäume) gelungen. Im März 1991 erreichte das Baumalter 50 Jahre. In diesen 50 Jahren wurden Durchmesser und Baumhöhe des gesamten Bestandes 11mal gemessen und die Masse eines jeden Versuchsbaumes errechnet.

Heute möchte ich über Familien von ausgezeichnetem Wachstum und Familien schlechten Wachstums, sowie über