

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
MONTEVIDEO - URUGUAY

**CARACTERISTICAS FISICAS  
EN MADERA DE SALIX ALBA L  
var. CALVA (SAUCEALAMO)**

POR

RINALDO TUSET



**CARACTERISTICAS FISICAS  
EN MADERA DE SALIX ALBA L  
var. CALVA (SAUCEALAMO)\***

RINALDO TUSET \*\*

RESUMEN

En 19 árboles de *Salix alba* L var. *calva* Mey. (bosque cultivado, 8 años de edad) se determinaron el contenido de humedad en el apeo (promedio 82,2 %) y los valores de peso específico anhidro (0,41), peso específico básico (0,36), densidad en verde (0,67 kg/dm<sup>3</sup>) y densidad seca al aire (0,53 kg/dm<sup>3</sup>). Además se calculó el porcentaje de porosidad (73 %) y la contracción volumétrica de verde a anhidro (entre 9,7 % y 12,7 %).

El análisis estadístico señala que los árboles apeados en primavera tenían mayor contenido de humedad que los de verano e invierno; en cambio, no se pudo deducir un patrón especial de distribución de la humedad a lo largo del árbol. Con el mismo análisis, en peso específico anhidro y básico se halló una relación lineal entre ambos, según la ecuación  $P_a = 1,243 P_b - 0,045$ ; también se halló que tienen tendencia poco significativa a presentar valores más altos en verano y que son mayores en la parte superior del árbol, pero esto último sin gradación desde la base.

SUMMARY

In 19 trees of cultivated *Salix alba* L var. *calva* Mey. (8 years age) tests were made to determine moisture content when green (av. 82,2 %); specific gravity oven-dry both weight and volume (av. 0,41); basic density (av. 0,36); density based on weight and volumen when green (av. 0,67 kg/dm<sup>3</sup>) and density based on air-dry weight and volumen (0,53 kg/dm<sup>3</sup>). Calculations by formulae were also made for porosity % (av. 73 %) and volumetric shrinkage from green to oven dry (9,7 % and 12,7 %).

---

\* Entregado para su publicación el 2 de agosto de 1968.

\*\* Profesor de Tecnología Forestal en la Facultad de Agronomía.

According with an analysis of variance, trees cut in spring had a higher moisture content than those cut in summer and winter; on the other hand, it was impossible to find a special pattern of moisture variation up the tree. It was also find that oven-dry specific gravity and basic density are related by the equation  $P_a = 1,243 P_b - 0,045$  and they presented a tendency of little significance to be higher in the trees cut in summer; besides, both are higher in the upper portions of the tree, but without gradation from the base.

## INTRODUCCION

*Salix alba* L var. *calva* Mey. (saucéalamo o sauce porteño) es una especie forestal difundida en el Uruguay para el aprovechamiento de bañados, islas, costas de ríos y arroyos. En la actualidad es una de las principales salicáceas cultivadas en el país y lo mismo sucede en la vecina República Argentina.

Su madera presenta anillos de crecimiento apenas demarcados o no visibles a ojo desnudo una vez seca; la textura es fina, los poros son muy numerosos y pequeños, dispuestos en porosidad difusa; tanto los radios leñosos como el parénquima axial no son visibles a ojo desnudo; en cuanto al color del duramen y de la albura es blanco grisáceo con un leve matiz rosado.

Esta madera se emplea aserrada para la preparación de envases y asimismo, tanto en Uruguay como en Argentina, se utiliza en la industria del papel. Por su interés, se ha estimado necesario estudiar algunas de sus características físicas.

## MATERIAL Y METODO

En un bosque cultivado a 30 km al Este de Montevideo (Bañados de Pando), se practicó un inventario con fines docentes (Tuset y colaboradores, 1964) y con ese motivo fueron seleccionados 19 árboles-tipo o promedios, los que fueron apeados para determinaciones dasométricas. A la vez, fueron separados tres discos en cada uno de ellos y con este material se obtuvieron los datos que incluye el presente trabajo.

Los discos fueron extraídos de esta manera: el disco A, de la base del árbol; el disco C, de la zona en que el árbol tenía aproximadamente 10 cm de diámetro; el disco B, de la zona intermedia entre los dos anteriores. Siete árboles fueron apeados en primavera (octubre), tres en verano (enero) y nueve en invierno (julio).

Se trata de árboles de ocho años de edad, donde no se distinguía diferenciación en albura y duramen; por consiguiente, los cuerpos de prueba para peso y volumen fueron obtenidos

de zonas intermedias entre la médula y la corteza, preparándose una serie de cuerpos para humedad y otra serie para peso específico. Desde el momento de cortarse, los discos fueron mantenidos en condiciones que evitaran la pérdida de humedad y los cuerpos de prueba se prepararon en las 24 horas inmediatas al apeo.

#### DETERMINACIONES EFECTUADAS

- 1) Contenido de humedad en el apeo ( $H_v$  %) =

$$= \frac{\text{peso verde } (P_v) - \text{peso anhidro } (P_a)}{\text{peso anhidro}} 100$$

- 2) Peso específico aparente anhidro ( $P_a$ ) =

$$= \frac{\text{peso anhidro}}{\text{volumen anhidro } (V_a)}$$

- 3) Peso específico aparente básico ( $P_b$ ) =

$$= \frac{\text{peso anhidro}}{\text{volumen verde } (V_v)}$$

- 4) Densidad en verde ( $D_v$ ) =

$$= \frac{P_v}{V_v} \text{ (expresada en kg/dm}^3\text{)}$$

- 5) Densidad seca al aire ( $D_s$ ) =

$$= \frac{\text{peso seco al aire } (P_s)}{\text{volumen seco al aire } (V_s)}$$

Se ha determinado con un contenido de humedad de aproximadamente 12 % y se expresa en kg/dm<sup>3</sup>.

- 6) Porosidad :se calculó por la fórmula

$$\text{porosidad \%} = 100 \left( 1 - \frac{P_a}{1,53} \right)$$

tal como es presentada por Brown y colaboradores (1949), que adoptan 1,53 como peso específico real de la sustancia madera.

- 7) Contracción volumétrica: se calculó por las fórmulas de Villière (contracción volumétrica  $R \% = 27 P_b$ ) y de Trendelenburg - Mayer-Wegelin

$$\left[ R \% = P_b \left( \frac{100}{P_b} - \frac{100}{P_a} \right) \right]$$

Los registros de peso verde, volumen verde, peso anhidro y volumen anhidro, fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales no Metálicos (Instituto de Ensayo de Materiales, Facultad de Ingeniería y Agrimensura), a cargo del Ing. Gottlob Schaich, a quien el autor agradece su valiosa colaboración.

### RESULTADOS OBTENIDOS

En el cuadro Nº 1 se presentan los valores promedios y su coeficiente de variabilidad (CV) encontrados para los discos y para el conjunto de los 19 árboles estudiados.

El detalle de los resultados obtenidos en cada uno de los árboles apeados, se presenta en el anexo Nº 1.

### DISCUSION

#### *Contenido de humedad*

Se realizó el estudio de los resultados obtenidos para  $H_v \%$  en relación con época de apeo y con nivel de altura en el árbol, presentándose las cifras en el cuadro Nº 2.

Hecho el análisis de variancia (ver anexo Nº 2), se encontró que hay diferencias altamente significativas entre épocas de apeo y no hay diferencias significativas entre alturas.

Efectuada la prueba de Sheffé (ref. "The analysis of variance"), calculando los límites de confianza para 95 % de seguridad, sus resultados fueron:

- a) la diferencia del promedio de los árboles apeados en primavera con los promedios de los apeados en verano e invierno, es significativa;
- b) la diferencia entre los promedios de los árboles apeados en verano e invierno, no es significativa.

CUADRO Nº 1

VALORES PROMEDIOS DETERMINADOS A TRES NIVELES  
Y EN EL CONJUNTO DE LOS ARBOLES

Disco	Nivel medio desde la base	Diámetro promedio con cort.		H <sub>v</sub> %	P <sub>a</sub>	P <sub>h</sub>	D <sub>v</sub> (kg/dm <sup>3</sup> )	D <sub>a</sub> (kg/dm <sup>3</sup> )	Porosidad %
A	m 0,10	21 cm	Promedio	82,2	0,40	0,36	0,66	0,50	74
			CV %	20,1	10,0	11,1	10,6	8,0	3,2
B	m 2,90	15 cm	Promedio	84,0	0,40	0,36	0,66	0,52	74
			CV %	17,2	5,0	5,5	5,3	7,6	2,4
C	m 5,80	9 cm	Promedio	80,3	0,43	0,38	0,70	0,54	72
			CV %	21,9	6,9	7,1	6,5	1,1	3,0
19 árboles en conjunto			Promedio	82,2	0,41	0,36	0,67	0,53	73
			CV %	13,7	4,8	5,5	4,4	5,6	1,9

CUADRO Nº 2

## HUMEDAD % EN VERDE, POR EPOCAS Y DISCOS

Disco	Primavera	Verano	Invierno	Promedio	CV %
A	94,5	75,0	75,1	82,2	13,7
B	96,6	71,3	78,5	84,0	15,7
C	90,0	74,8	74,7	80,3	8,8
Promedio	93,7	73,7	76,1	82,2	
CV %	3,6	2,8	2,7		

En resumen, se comprueba que los árboles apeados en primavera presentan un contenido de humedad mayor y que no puede detectarse alguna forma especial de distribución de esa humedad en relación con la altura en el árbol.

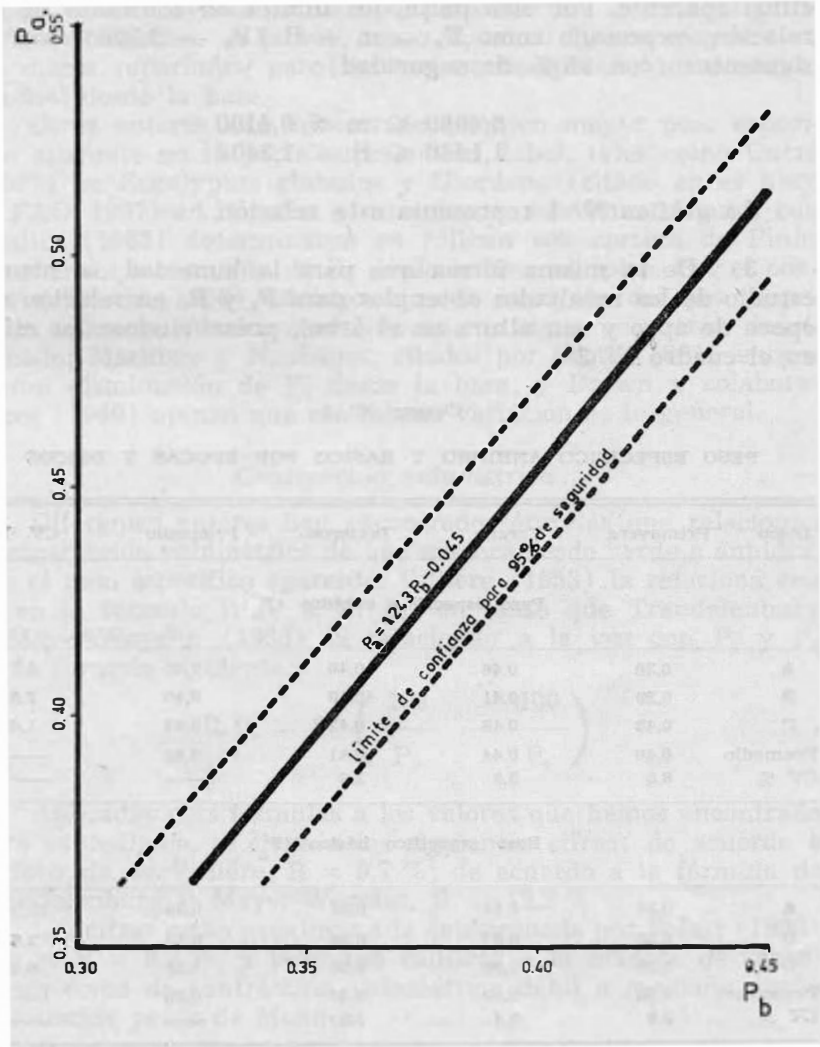
Fielding (1952) trabajando con *Pinus radiata*, encontró también mayor contenido de humedad en primavera; Gibbs (1958) tanto en *Salix* como en *Populus*, lo ha encontrado en primavera e invierno; en cambio, tanto Desch (1956) como Villière (1953) afirman que no existe diferencia estacional. En cuanto a la distribución de la humedad en altura, la conclusión de este trabajo coincide con uno anterior del autor (Tuset y Bonilla, 1963) referido a *Pinus pinaster*; también coincide con Fielding (1952) y con Desch (1956), quienes señalan una gran variabilidad en la repartición de la humedad en altura. En cambio, hay autores que han encontrado mayor contenido de humedad en la parte baja de los árboles, como García (1951) en latifoliadas tropicales; Curró (1957) en *Eucalyptus globulus* y el mismo autor en *Populus euramericana*, según la cita del libro de FAO (1957); mientras que Ovington, citado por Kramer y Kozlowski (1960), establece que el contenido de humedad por lo general aumenta desde la base del ápice del árbol.

*Peso específico aparente*

1) Las cifras obtenidas son ligeramente más elevadas que la encontrada para esta misma especie por Solari (1959), de  $P_n = 0,376$ . Aun así, los promedios de  $P_a$  y  $P_b$  califican definitivamente como "liviana" a la madera de sauceálamo, de acuerdo a diferentes normas nacionales al respecto y autores como Markward y Heck (1938).

2) Tanto  $P_a$  como  $P_b$  son formas usadas corrientemente en la literatura para expresar el peso específico aparente y al-

GRAFICA N° 1

RELACION ENTRE  $P_a$  y  $P_b$  en SAUCEALAMO

gunos investigadores han buscado para ciertas especies la relación matemática que permita calcular una de ellas, partiendo de la otra. Con los datos registrados para sauceálamo en el presente trabajo, se ha hecho un análisis de regresión entre  $P_a$  y  $P_b$  encontrándose una relación lineal que se ajusta a la siguiente ecuación:

$$P_a = 1,243 P_b - 0,045$$



Del análisis de la variancia, cuyas cifras se dan en el anexo Nº 3, se deduce que no hay evidencia en contra de la hipótesis de una relación lineal entre ambas expresiones del peso específico aparente. Por otra parte, los límites de confianza de esa relación, expresada como  $P_a = m + B (P_b - 0,366)$ , son los siguientes (con 95 % de seguridad):

$$\begin{aligned} 0,4099 &\leq m \leq 0,4100 \\ 1,1446 &\leq B \leq 1,3408 \end{aligned}$$

La gráfica Nº 1 representa esta relación.

3) De la misma forma que para la humedad, se hizo el estudio de los resultados obtenidos para  $P_a$  y  $P_b$  en relación con época de apeo y con altura en el árbol, presentándose las cifras en el cuadro Nº 3.

CUADRO Nº 3

## PESO ESPECIFICO ANHIDRO Y BASICO POR EPOCAS Y DISCOS

Disco	Primavera	Verano	Invierno	Promedio	CV %
Peso específico anhidro ( $P_a$ )					
A	0,38	0,46	0,40	0,40	3,7
B	0,39	0,41	0,40	0,40	2,5
C	0,43	0,43	0,42	0,43	1,6
Promedio	0,40	0,44	0,41	0,41	—
CV %	6,5	5,9	2,9	—	—
Peso específico básico ( $P_b$ )					
A	0,34	0,41	0,36	0,36	10,5
B	0,35	0,37	0,36	0,35	2,8
C	0,38	0,38	0,38	0,38	0,0
Promedio	0,36	0,39	0,36	0,36	—
CV %	5,8	5,4	3,9	—	—

Se practicó también el análisis de la variancia (ver anexo Nº 4) encontrándose:

- a) para  $P_a$  hay diferencias significativas entre épocas de apeo y también entre alturas;
- b) para  $P_b$  no hay diferencias significativas entre épocas y sí las hay entre alturas.

Efectuada a continuación la prueba de Sheffé y el método de T, calculando los límites de confianza para 95 % de seguridad, sus resultados revelan que tanto  $P_a$  como  $P_b$  muestran tendencia a ser mayores en verano, pero sin una definida significación estadística. A la vez, tanto  $P_a$  como  $P_b$  son mayores en los discos superiores, pero sin que se compruebe un aumento gradual desde la base.

Otros autores han encontrado también mayor peso específico aparente en la parte superior del árbol, tales como Curró (1957) en *Eucalyptus globulus* y Giordano (citado en el libro de FAO, 1957) en *Populus euramericana*; asimismo, el autor con Bonilla (1963) determinaron en rollizos con corteza de *Pinus pinaster* un incremento de  $D_v$  desde la base al ápice. Por el contrario, Desch (1956) establece que la variación del peso específico aparente en altura es fortuita, no sigue un patrón determinado; Mackney y Neubauer, citados por Scott (1961) encontraron disminución de  $P_b$  desde la base; y Brown y colaboradores (1949) opinan que esa misma variación es lo general.

#### *Contracción volumétrica*

Diferentes autores han encontrado fórmulas que relacionan la contracción volumétrica de una madera desde verde a anhidra, con el peso específico aparente. Villière (1953) la relaciona con  $P_b$  en la fórmula  $R \% = 27 P_b$ ; en tanto que Trendelenburg y Mayer-Wegelin (1955) la relacionan a la vez con  $P_a$  y  $P_b$  en la fórmula siguiente:

$$R \% = P_b \left( \frac{100}{P_b} - \frac{100}{P_a} \right)$$

Aplicadas esas fórmulas a los valores que hemos encontrado para sauceálamo, se llega a las siguientes cifras: de acuerdo a la fórmula de Villière,  $R = 9,7 \%$ ; de acuerdo a la fórmula de Trendelenburg y Mayer-Wegelin,  $R = 12,2 \%$ .

Las cifras están próximas a la determinada por Solari (1959) que es  $R = 8,7 \%$ , y permiten calificar a la madera de sauceálamo como de contracción volumétrica débil a mediana según la conocida pauta de Monnin.

#### CONCLUSIONES

1) Diecinueve árboles de sauceálamo apeados en primavera, verano e invierno presentaban un contenido de humedad promedio de 82,2 %.

2) Los árboles apeados en primavera tenían mayor contenido de humedad.

3) El estudio de la humedad en tres alturas diferentes no permitió deducir alguna forma especial de distribución a lo largo del árbol.

4) Los promedios de  $P_a$  (0,41) y  $P_b$  (0,36) califican como liviana a la madera de sauceálamo.

5) Se encontró una relación lineal entre  $P_a$  y  $P_b$ , representada por la ecuación  $P_a = 1,243 P_b - 0,045$ .

6) Tanto  $P_a$  como  $P_b$  muestran tendencia a ser mayores en verano, pero sin una definida significación estadística.

7)  $P_a$  y  $P_b$  son mayores en los discos superiores, pero no se comprueba un aumento gradual desde la base.

8) Deducida de  $P_a$  y  $P_b$ , la contracción volumétrica desde el estado verde al estado anhidro oscila entre 9,7 % y 12,2 %, lo que permite calificar a esta madera como de contracción volumétrica débil a mediana.

#### BIBLIOGRAFIA

- BROWN, H. P.; PANSHIN, A. J. and FORSAITH, C. C.— *Textbook of wood technology*. Vol. II. Mc Graw-Hill Book, N. York, Toronto, London, 1949.
- CURRO, P.— *Características físicas del leño de Eucalyptus globulus*. Primeras Jornadas Argentinas del Eucalipto. Asociación Forestal Argentina. Buenos Aires, 1957.
- DESCH, H. E.— *Timber, its structure and properties*.— MacMillan and Co. Ltd. London, 1956.
- F. A. O.— *Los chopos en la producción de madera y la utilización de las tierras*. Roma, 1957.
- FIELDING, J. M.— *The moisture content of the trunks of Monterey pine trees*. Reprint Nº 14, Forestry and Timber Bureau. Australia, 1952.
- GARCIA, J. J.— *Contenido de humedad en árboles vivos*. Publicación Técnica Nº 14, Ministerio de Agricultura. Buenos Aires, 1951.
- GIBBS, R. D.— *Patterns in the seasonal water content of trees. The physiology of forest trees*. K. V. Thiman (Ed.); the Ronald Press Co. N. York, 1958.
- KRAMER, R. J. and KOZLOWSKI, T. T.— *Physiology of trees*. Mc Graw-Hill Book. N. York, Toronto, London, 1969.
- MARKWARDT, L. J. and HECK, G. E.— *Standard terms for describing wood*. Forest Products Laboratory. Madison, 1948.
- SCOTT, C. W.— *Pino insignis*. FAO. Roma, 1961.
- SOLARI, F. S.— *Estudio sistemático de maderas producidas en la provincia de Buenos Aires*.— Primera Reunión Latinoamericana de Tecnología de la Madera. Asociación Forestal Argentina. Buenos Aires, 1959.
- TRENDELENBURG, R. und MAYER-WEGELIN, H.— *Das Hols als Rohstoff*. C. H. Verlag. Munich, 1955.

TUSET, R. y BONILLA, J. A.—Nuevas determinaciones de densidad en *Pinus pinaster* Ait. (verde, con corteza). *Boletín Departamento Forestal* N° 6. Montevideo, 1963.

TUSET, R. y col.—Información sobre crecimiento de *Salix alba* var. calva (sauceálamo). *Boletín Departamento Forestal* N° 10. Montevideo, 1964.

VILLIERE, A.—*Séchage des bois*. Dunod. París, 1953.

## ANEXO N° 1

## VALORES PROMEDIOS DE TRES DISCOS EN CADA ARBOL

Arbol	H <sub>v</sub> %	P <sub>a</sub>	P <sub>b</sub>	D <sub>v</sub> (kg/dm <sup>3</sup> )	D <sub>s</sub> (kg/dm <sup>3</sup> )	Porosidad %
1	94,8	0,42	0,38	0,69	0,55	72
2	98,1	0,40	0,36	0,66	0,49	74
3	99,1	0,37	0,33	0,62	0,47	76
4	88,7	0,38	0,34	0,63	0,51	75
5	89,6	0,40	0,36	0,66	0,49	74
6	93,8	0,38	0,34	0,63	0,55	75
7	92,0	0,43	0,38	0,70	0,57	72
8	85,6	0,42	0,37	0,69	0,55	73
9	69,0	0,47	0,41	0,76	0,55	70
10	66,5	0,42	0,37	0,69	0,56	73
11	77,3	0,41	0,36	0,66	0,50	73
12	76,3	0,42	0,37	0,69	0,50	73
13	72,8	0,40	0,36	0,66	0,56	74
14	62,0	0,39	0,35	0,65	0,53	74
15	75,7	0,42	0,37	0,68	0,57	73
16	72,7	0,39	0,35	0,64	0,58	74
17	76,1	0,40	0,36	0,66	0,51	74
18	93,7	0,43	0,38	0,70	0,51	72
19	78,2	0,43	0,38	0,68	0,49	72

ANEXO Nº 2  
ANALISIS DE VARIANCIA DE LA HUMEDAD \*

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Prueba de F		
				Observado	Para 5 %	Para 1 %
Epoas	4441,52	2	2220,76	10,83	3,19	5,08
Discos	130,48	2	65,24	1	3,19	5,08
Interacción	134,52	4	33,63	1	2,57	3,74
Error	9841,44	48	205,03			
Total	14547,96	56				

\* Los análisis de variancia, pruebas de Sheffé, método T y regresión  $P_b/P_a$  fueron realizados en el Laboratorio de Biometría de la Facultad de Agronomía, a cargo del Bach. Alvaro Sánchez; el autor agradece su valiosa colaboración.

ANEXO Nº 3  
ANALISIS DE VARIANCIA DE LA REGRESION  $P_b/P_a$

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Prueba de F		
				Observado	Para 5 %	Para 1 %
Regresión	0,0846	1	0,084600	6508		14,1
Desviaciones	0,0002	10	0,000020	1,538	1,475	
Error	0,0006	45	0,000013			
Total	0,0854	56				

ANEXO Nº 4  
ANALISIS DE VARIANCIA DE  $P_a$  y  $P_b$   
SEGUN EPOCA DE CORTE Y ALTURA EN EL ARBOL

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Prueba de F		
				Observado	Para 5 %	Para 1 %
Peso específico anhidro ( $P_a$ )						
Epoas	0,0082	2	0,0041	3,254	3,19	5,08
Alturas	0,0092	2	0,0046	3,651	3,19	5,08
Interacción	0,0075	4	0,0019	1,508	2,57	3,74
Error	0,0605	48	0,00126			
Total	0,0854	56				
Peso específico básico ( $P_b$ )						
Epoas	0,0048	2	0,0024	2,909	3,19	5,08
Alturas	0,0062	2	0,0031	3,758	3,19	5,08
Interacción	0,0042	4	0,00105	1,273	2,57	3,74
Error	0,0396	48	0,000825			
Total	0,0548	56				