

Clayton et al, 1993, propusieron que uno de los arreglos del dosel más eficientes para la producción de materia seca es aquel que posee hojas bastante erectas en las capas superiores y llega a ser progresivamente más horizontal con la profundidad. Igualmente Nobel y Long (1986), establecieron que cuando el índice de área foliar es mayor de 3, doseles con hojas erectas en la parte superior y horizontales hacia la base, tienden a tener mayores productividades que doseles con inclinaciones de hojas al azar o uniforme; esto ocurre gracias a que este tipo de arquitectura maximiza la disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa para la fotosíntesis a través del perfil.

De esta forma se observa que efectivamente *E. grandis*, *G. arborea* y *P. caribaea* que presentan distribución en los tres estratos del tipo erectófila, presentan valores de  $k$  alrededor de 0.5, mientras las planófilas presentan valores mayores de 0.75.

## Acumulación, distribución de la biomasa total y carbono acumulado por componente

Las figuras y tablas que se presentan a continuación, muestran la acumulación y distribución de la materia seca, en función de la edad de los árboles, su DAP y la relación volumen del fuste – peso seco total del árbol. Para cada especie se presenta el modelo de mejor ajuste y su significación estadística, además, se presenta la distribución porcentual de materia seca de acuerdo con la edad del árbol, el porcentaje de carbono por órgano dentro de cada especie por edad y la totalidad de equivalentes de CO<sub>2</sub> fijados en cada órgano y el total de la planta para cada edad.

### *Alnus acuminata*

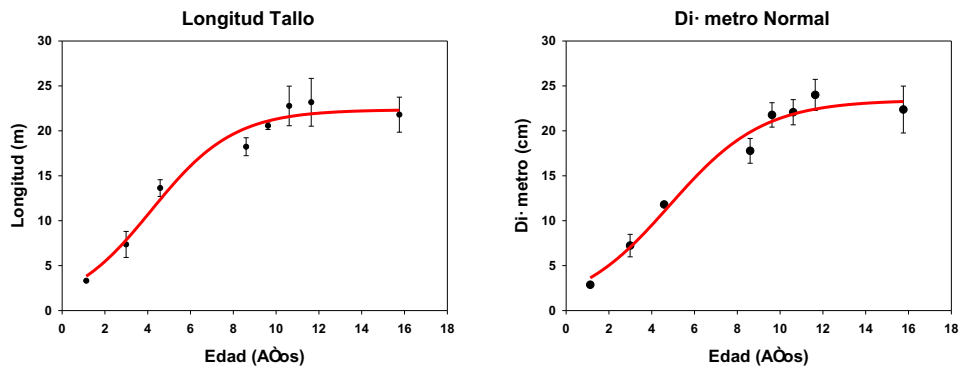


Figura 25. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo en *A. acuminata*.

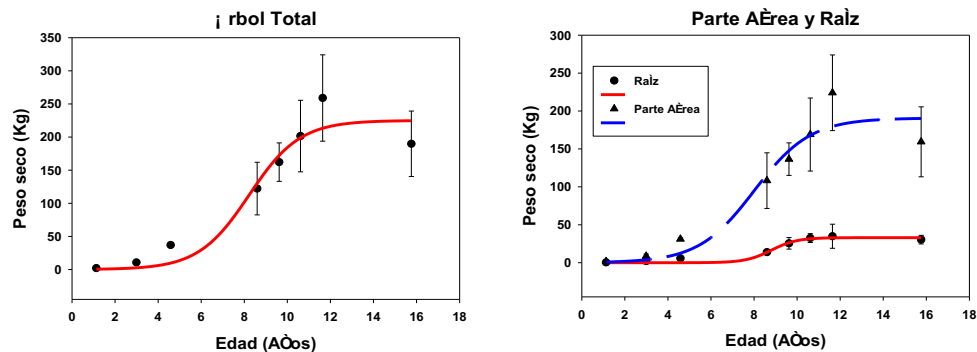
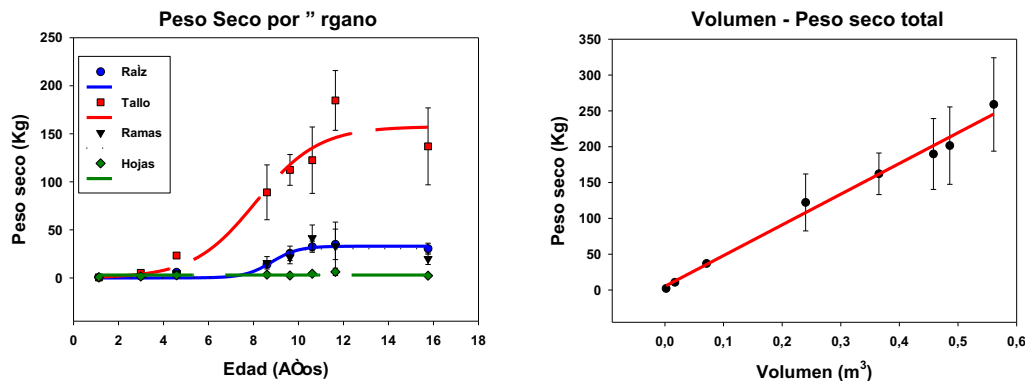
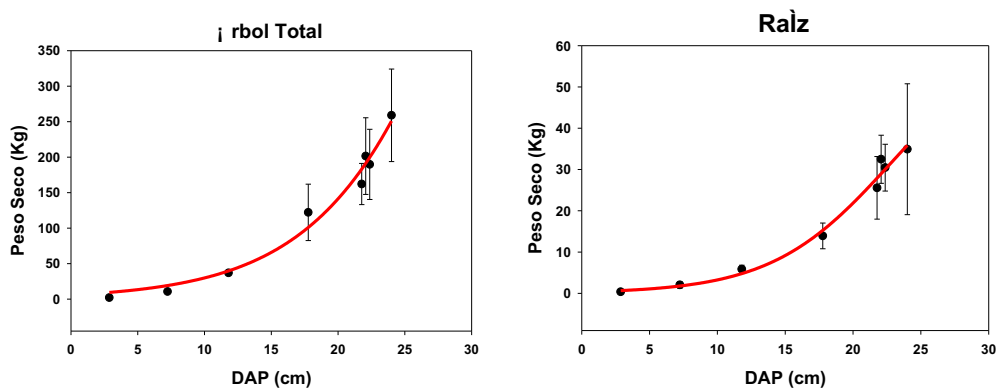


Figura 26. Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea y subsuperficial, a través del tiempo en *A. acuminata*.



**Figura 27.** Acumulación de peso seco por órgano a través del tiempo y relación volumen del fuste con el peso seco total.



**Figura 28.** Peso seco total y peso seco de la raíz en función del diámetro normal (DAP).

**Tabla 10.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Alnus acuminata*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	<0.0001
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	<0.0001
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.93	0.0011
Edad	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.96	0.0002
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.92	0.0014
DAP	Peso seco árbol	$f=a*\exp(b*x)$	0.97	<0.0001
DAP	Peso seco raíz	$f=a*\exp(b*x)$	0.97	<0.0001
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a*\exp(b*x)$	0.97	<0.0001

Tabla 11. Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Alnus acuminata*.

<i>Alnus acuminata</i>	Edad (Años)							
Componente	1	3	4	8	9	10	11	15
Tallo	25.43	49.41	63.05	72.92	69.31	60.83	71.33	72.12
Ramas	19.07	17.82	13.59	12.89	13.30	20.67	12.76	10.52
Raíz	18.09	19.10	15.83	11.40	15.76	16.12	13.48	16.04
Hojas	37.41	13.66	7.53	2.80	1.54	2.15	2.43	1.24
Frutos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.23	0.00	0.08

Tabla 12. Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Alnus acuminata*

<i>Alnus acuminata</i>	Edad (Años)							
Componente	1	3	4	8	9	10	11	15
Tallo	39.65	38.52	38.53	45.20	45.54	44.43	42.96	45.50
Ramas	39.58	42.63	39.25	44.75	41.03	42.99	40.72	40.65
Raíz	39.30	41.68	41.84	42.24	43.07	42.22	40.32	41.74
Hojas	36.91	37.57	38.12	41.11	40.54	37.54	38.30	42.41
Total	38.86	40.10	39.44	43.33	42.55	41.80	40.58	42.57

Tabla 13. Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Alnus acuminata*.

<i>Alnus acuminata</i>	Edad (Años)							
Componente	1	3	4	8	9	10	11	15
Tallo	0.7650	7.4408	32.8879	147.363	187.349	199.304	290.396	228.033
Ramas	0.5727	2.9701	7.2197	25.7866	32.3920	65.5234	49.2656	29.7270
Raíz	0.5393	3.1126	8.9640	21.5293	40.2903	50.1938	51.5216	46.5280
Hojas	1.0476	2.0068	3.8879	5.1395	3.6944	5.9656	8.8205	3.6672
Total	2.9245	15.5302	52.9595	199.819	263.726	320.987	400.004	307.955
Ton /CO <sub>2</sub> / ha	2.574	12.424	40.955	151.863	112.523	136.955	154.668	106.758

*Eucalyptus grandis*

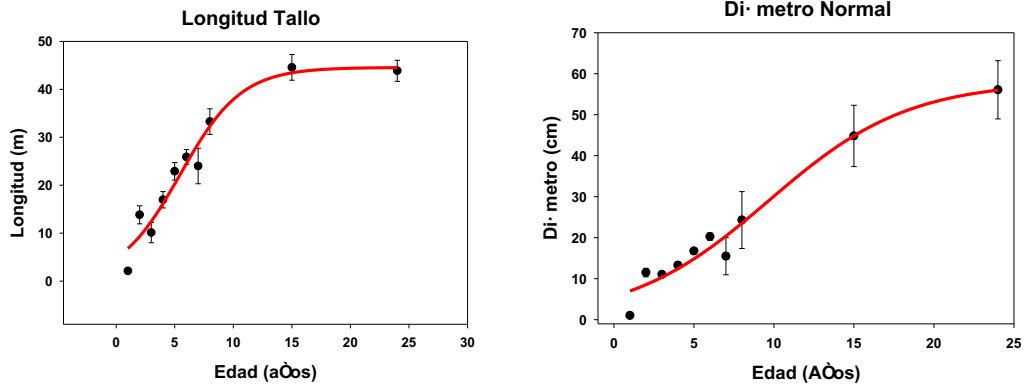


Figura 29. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Eucalyptus grandis*.

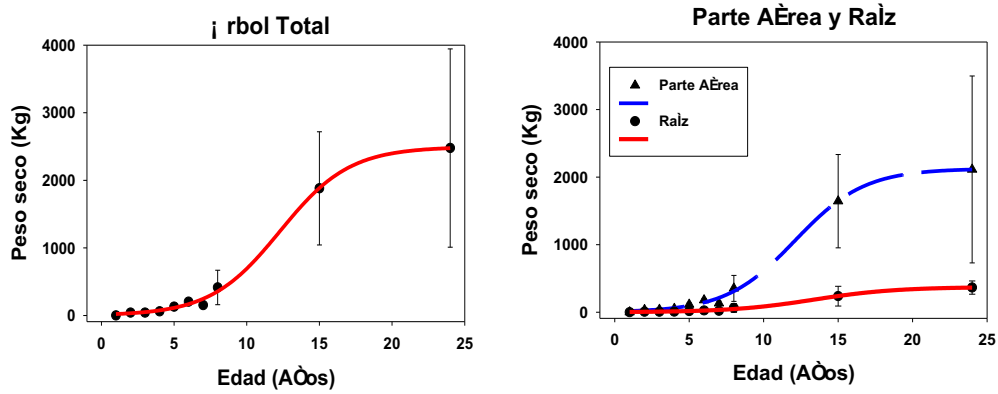
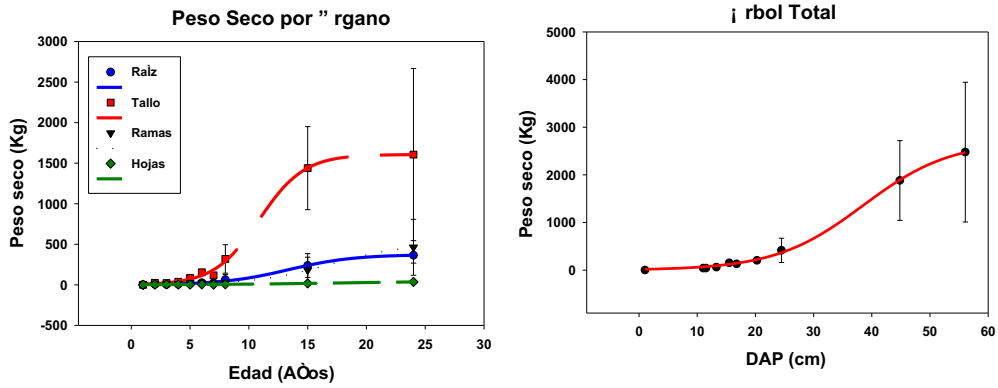
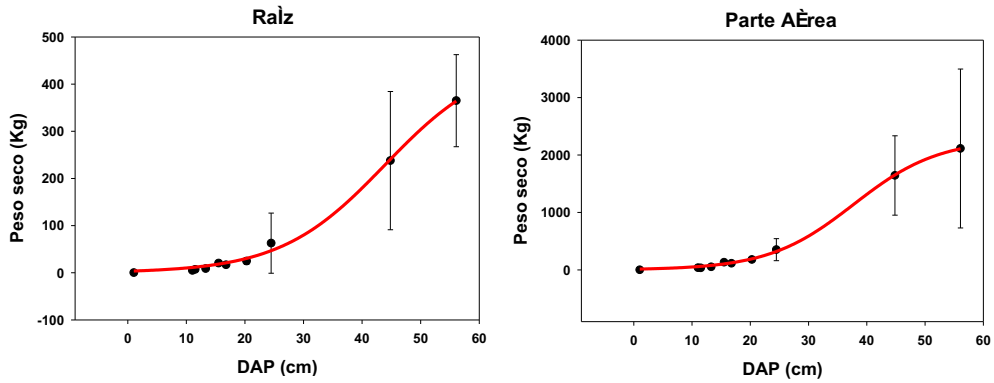


Figura 30. Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea y subsuperficial, a través del tiempo para *Eucalyptus grandis*.



**Figura 31.** Acumulación de peso seco por órgano a través del tiempo y peso seco total en función del diámetro normal para *Eucalyptus grandis*.



**Figura 32.** Peso seco de la parte aérea y de la raíz en función del diámetro normal (DAP) para *Eucalyptus grandis*.

**Tabla 14.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Eucalyptus grandis*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.95	<0.0001
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
Edad	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
DAP	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
DAP	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001

**Tabla 15.** Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Eucalyptus grandis*.

<i>Eucalyptus grandis</i> Componente	Edad (Años)									
	0.67	2.75	3.08	4.33	5.17	5.75	7.25	8.33	14.33	24.33
Tallo	22.95	57.61	51.44	62.07	63.86	75.49	76.40	76.87	76.47	70.31
Ramas	25.95	17.44	23.16	18.35	18.57	9.46	8.57	6.42	9.61	15.76
Raíz	18.95	16.70	11.60	14.22	12.69	12.11	13.33	15.10	12.64	12.43
Hojas	32.15	8.25	13.79	5.36	2.28	2.80	1.66	1.60	0.93	1.21
Frutos	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	0.14	0.04	0.01	0.34	0.29

**Tabla 16.** Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Eucalyptus grandis*.

<i>Eucalyptus grandis</i> Componente	Edad (Años)									
	0.67	2.75	3.08	4.33	5.17	5.75	7.25	8.33	14.33	24.33
Tallo	45.43	44.34	45.16	45.61	46.76	46.45	46.84	45.31	43.48	45.83
Ramas	52.32	53.16	49.44	48.88	49.95	49.82	47.97	48.57	47.04	46.21
Raíz	49.46	56.60	47.87	50.96	50.81	50.17	49.62	48.23	46.86	46.85
Hojas	47.92	53.25	51.56	54.00	47.59	47.12	42.22	45.60	43.53	45.25
Total	48.78	51.84	48.51	49.86	48.78	48.39	46.66	46.93	45.23	46.04

**Tabla 17.** Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Eucalyptus grandis*.

<i>Eucalyptus grandis</i> Componente	Edad (Años)									
	0.67	2.75	3.08	4.33	5.17	5.75	7.25	8.33	14.33	24.33
Tallo	0.34	39.42	35.92	63.42	145.43	262.01	199.95	529.32	2289.1	3462.6
Ramas	0.44	14.31	17.71	20.10	45.18	35.22	22.97	47.37	311.17	782.70
Raíz	0.31	14.58	8.59	16.23	31.41	45.40	36.95	110.68	407.79	625.78
Hojas	0.50	6.78	11.00	6.48	5.28	9.88	3.92	11.11	27.94	58.84
Total	1.59	75.09	73.21	106.22	227.31	352.51	263.79	698.48	3036.0	4929.9
Ton / CO <sub>2</sub> /ha	99.48	81.10	87.85	123.2	290.9	324.3	306.0	642.6	3157.	788.7

*Eucalyptus pellita*

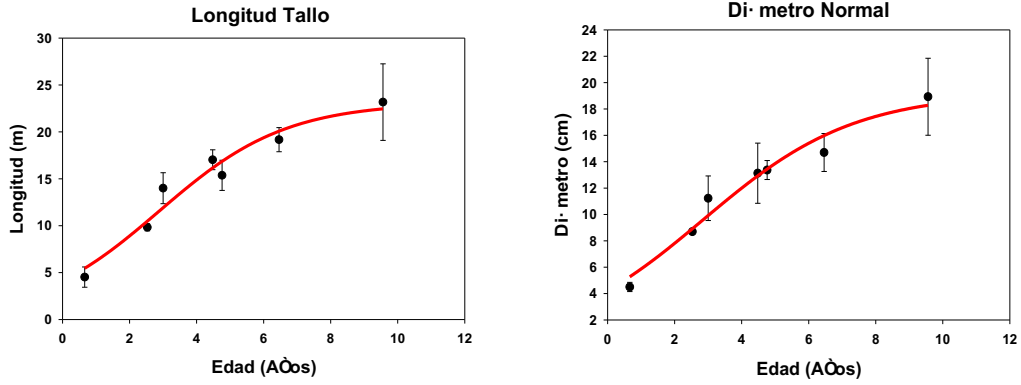


Figura 33. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Eucalyptus pellita*.

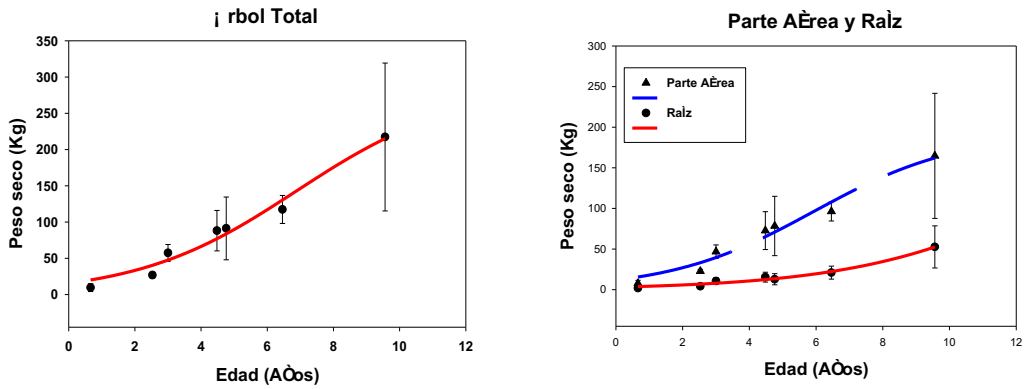
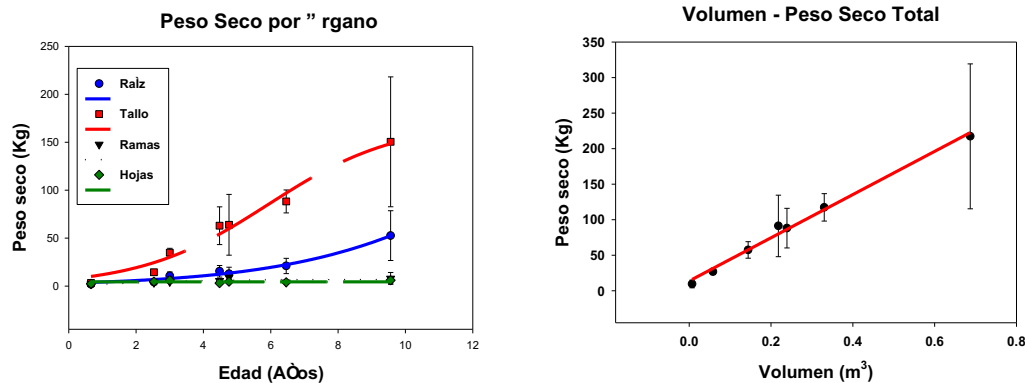
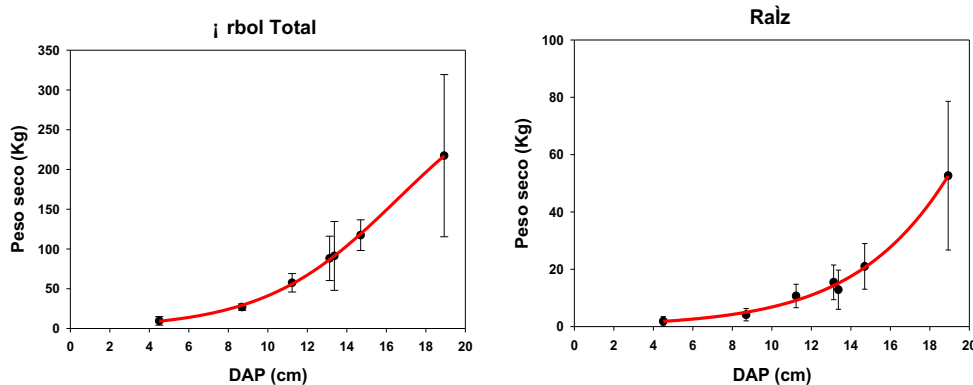


Figura 34. Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea y subsuperficial, a través del tiempo para *Eucalyptus pellita*.



**Figura 35.** Acumulación de peso seco por órgano a través del tiempo y relación volumen del fuste con el peso seco total para *Eucalyptus pellita*.



**Figura 36.** Peso seco total y de la raíz en función del diámetro normal (DAP) para *Eucalyptus pellita*.

**Tabla 18.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Eucalyptus pellita*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.95	0.0020
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.96	0.0013
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	0.0007
Edad	Peso seco raíz	$f=y_0+a*\exp(b*x)$	0.99	<0.0001
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	0.0008
DAP	Peso seco árbol	$f=y_0+a*\exp(b*x)$	0.99	<0.0001
DAP	Peso seco raíz	$f=y_0+a*\exp(b*x)$	0.99	<0.0001
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a*\exp(b*x)$	0.97	<0.0001

Tabla 19. Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Eucalyptus pellita*.

<i>Eucalyptus pellita</i>	Edad (Años)							
Componente	0.66	2.53	3.00	4.48	4.76	6.46	7.66	9.56
Tallo	34.09	53.96	60.18	71.49	68.79	75.28	55.75	69.23
Ramas	21.81	13.30	7.82	6.28	9.70	3.35	5.39	3.69
Raíz	19.21	15.43	18.43	17.51	13.83	17.90	33.63	24.22
Hojas	24.88	17.13	10.82	3.47	4.92	3.44	5.22	2.83
Frutos	0.00	0.17	2.75	1.24	2.76	0.04	0.00	0.04

Tabla 20. Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Eucalyptus pellita*.

<i>Eucalyptus pellita</i>	Edad (Años)							
Componente	0.66	2.53	3.00	4.48	4.76	6.46	7.66	9.56
Tallo	39.21	39.60	39.36	40.04	40.67	39.22	38.99	40.06
Ramas	37.62	37.42	40.10	37.01	42.37	41.41	39.12	38.87
Raíz	39.62	39.07	38.15	38.32	37.79	37.73	40.71	39.31
Hojas	34.20	36.78	36.44	40.02	36.69	36.31	33.88	36.70
Total	37.66	38.22	38.51	38.85	39.38	38.67	38.17	38.73

Tabla 21. Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Eucalyptus pellita*.

<i>Eucalyptus pellita</i>	Edad (Años)							
Componente	0.66	2.53	3.00	4.48	4.76	6.46	7.66	9.56
Tallo	4.6939	20.9960	50.2441	92.3276	95.1662	126.800	52.1731	220.625
Ramas	2.8815	4.8903	6.6481	7.5010	13.9779	5.9507	5.0624	11.3978
Raíz	2.6724	5.9216	14.9157	21.6448	17.7844	28.9983	32.8708	75.7324
Hojas	2.9879	6.1915	8.3625	4.4825	6.1391	5.3638	4.2486	8.2737
Total	13.2357	37.9994	80.1704	125.955	133.067	167.113	94.3550	316.029
Ton /CO <sub>2</sub> / ha	10.059	31.413	66.274	99.085	94.034	135.919	71.710	202.259

*Gmelina arborea*

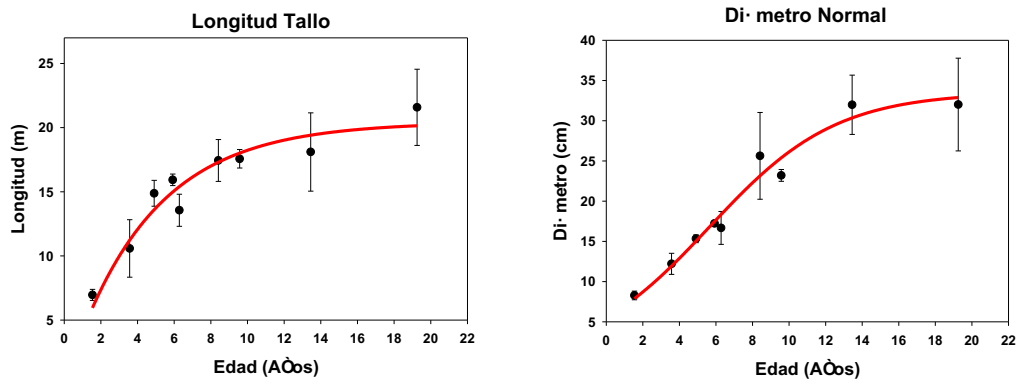


Figura 37. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Gmelina arborea*.

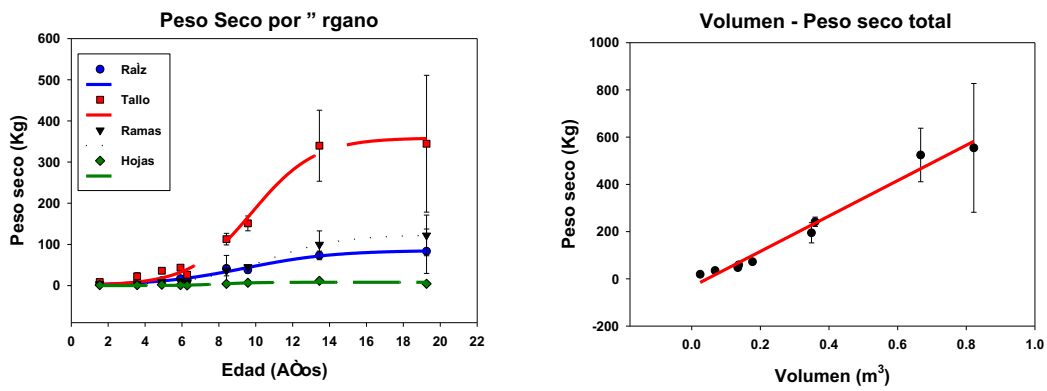
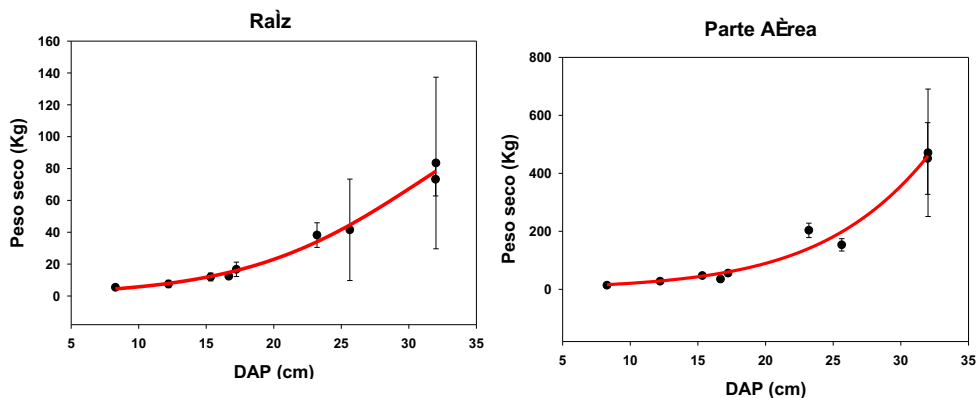


Figura 38. Acumulación de peso seco por órgano a través del tiempo y relación volumen del fuste con el peso seco total para *Gmelina arborea*.



**Figura 39.** Peso seco de la parte aérea y la raíz en función del diámetro normal (DAP) para *Gmelina arborea*.

**Tabla 22.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Gmelina arborea*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.92	<0.0001
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.96	<0.0001
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
Edad	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.98	<0.0001
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
DAP	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	<0.0001
DAP	Peso seco raíz	$f=y_0+a*\exp(b*x)$	0.98	<0.0001
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	<0.0001

**Tabla 23.** Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Gmelina arborea*.

<i>Gmelina arborea</i>	Edad (Años)								
	1.54	3.57	4.91	5.92	6.28	8.41	9.57	13.45	19.25
<b>Tallo</b>	45.24	64.12	61.06	60.09	55.50	57.92	62.58	64.79	62.15
<b>Ramas</b>	20.88	11.22	15.13	15.27	17.53	18.63	18.71	19.02	21.99
<b>Raíz</b>	27.97	21.47	20.22	23.05	26.14	21.32	15.82	13.97	15.05
<b>Hojas</b>	5.91	3.19	3.59	1.59	0.83	2.13	2.89	2.22	0.79

**Tabla 24.** Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Gmelina arborea*.

<i>Gmelina arborea</i>	Edad (Años)								
Componente	1.54	3.57	4.91	5.92	6.28	8.41	9.57	13.45	19.25
Tallo	44.23	42.98	45.32	43.38	39.03	42.17	44.10	41.43	44.18
Ramas	42.57	40.65	40.48	40.19	39.30	41.42	40.88	45.49	41.62
Raíz delgada	42.57	40.69	40.36	43.39	40.09	42.40	41.73	42.42	42.19
Raíz gruesa	43.43	41.19	42.13	42.66	44.25	42.56	47.46	40.24	39.02
Hojas	36.60	33.54	35.28	34.12	37.48	40.11	39.57	35.45	37.26
Total	41.88	39.81	40.72	40.75	40.03	41.73	42.75	41.01	40.85

**Tabla 25.** Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Gmelina arborea*.

<i>Gmelina arborea</i>	Edad (Años)								
Componente	1.54	3.57	4.91	5.92	6.28	8.41	9.57	13.45	19.25
Tallo	14.16	35.32	59.87	69.11	37.62	174.16	244.00	515.24	557.15
Ramas	6.29	5.84	13.25	16.27	11.97	55.02	67.61	166.06	185.74
Raíz	8.60	11.34	18.43	26.07	20.09	64.71	66.41	107.88	119.23
Hojas	1.53	1.37	2.74	1.44	0.54	6.09	10.12	17.12	6.31
Total	30.58	53.87	94.29	112.88	70.22	299.99	388.14	806.30	868.43
Ton / CO <sub>2</sub> / ha	33.429	56.742	65.373	61.709	45.880	95.995	144.90	161.26	150.52

*Pinus caribaea*

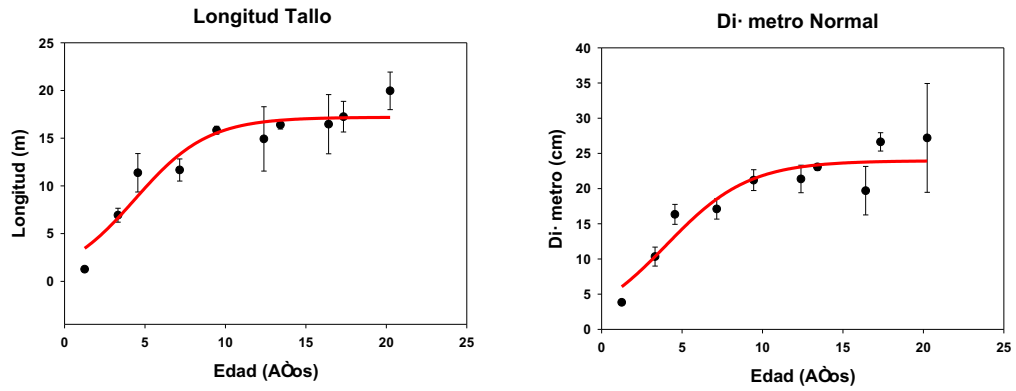


Figura 40. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Pinus caribaea*.

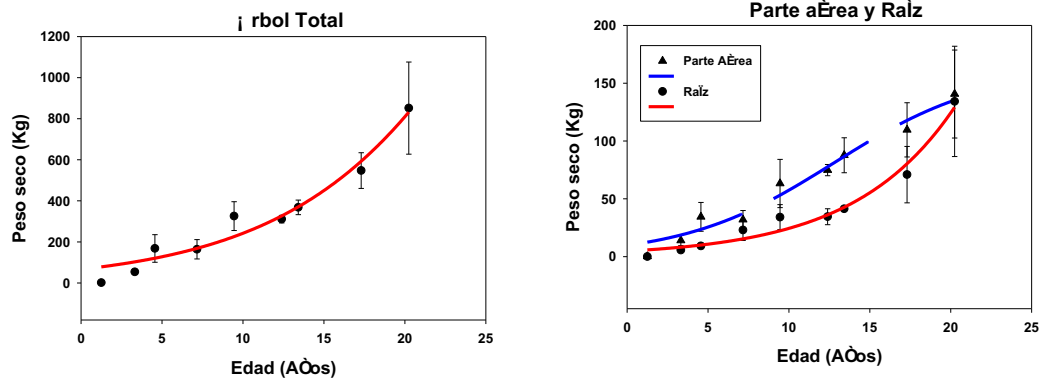
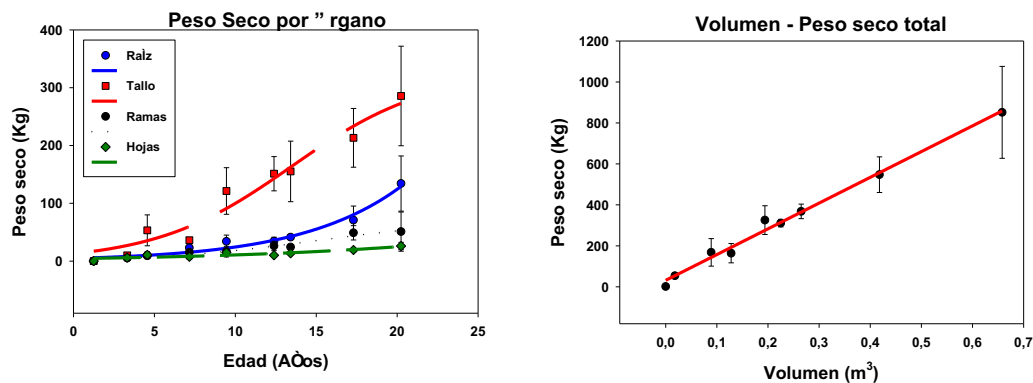
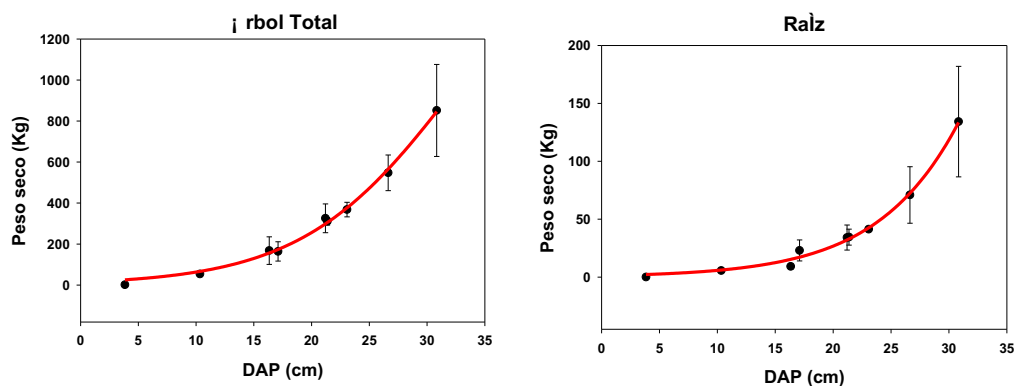


Figura 41. Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea y subsuperficial, a través del tiempo para *Pinus caribaea*.



**Figura 42.** Acumulación de peso seco por órgano a través del tiempo y relación volumen del fuste con el peso seco total para *Pinus caribaea*.



**Figura 43.** Peso seco de la parte aérea y la raíz en función del diámetro normal (DAP) para *Pinus caribaea*.

**Tabla 26.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Pinus caribaea*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.91	0.0002
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.88	0.0006
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.94	<0.0001
Edad	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.88	0.0005
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.96	<0.0001
DAP	Peso seco árbol	$f=y_0+a*\exp(b*x)$	0.94	<0.0001
DAP	Peso seco raíz	$f=a*\exp(b*x)$	0.89	<0.0001
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.97	<0.0001

Tabla 27. Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Pinus caribaea*.

<i>Pinus caribaea</i>	Edad (Años)									
Componente	1.30	3.30	4.60	7.20	9.50	12.40	13.40	16.40	17.30	20.20
Tallo	35.45	37.36	64.23	44.14	64.88	67.99	65.32	74.70	60.38	55.91
Ramas	7.94	19.53	11.62	18.30	8.78	11.83	10.20	5.61	13.87	9.99
Raíz	20.29	20.96	11.06	28.09	18.28	15.53	17.40	15.30	20.08	26.28
Hojas	36.31	22.16	13.05	9.08	8.02	4.59	5.72	4.03	5.46	5.13
Frutos	0.00	0.00	0.04	0.39	0.04	0.06	1.35	0.36	0.21	2.69

Tabla 28. Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Pinus caribaea*.

<i>Pinus caribaea</i>	Edad (Años)									
Componente	1.30	3.30	4.60	7.20	9.50	12.40	13.40	16.40	17.30	20.20
Tallo	46.02	44.86	49.48	51.46	49.31	50.96	53.36	46.84	50.79	49.27
Ramas	46.03	43.77	47.06	44.16	42.09	47.44	41.05	42.19	46.08	47.72
Raíz	41.27	45.90	48.03	45.20	47.32	44.13	44.19	45.67	46.72	48.14
Hojas	47.31	46.79	43.84	47.73	43.24	44.98	47.31	43.35	43.25	47.83
Frutos	-----	-----	39.52	38.31	50.23	44.31	52.47	38.51	43.63	49.46
Total	45.16	45.33	47.10	47.14	45.49	46.88	46.48	44.52	46.71	48.24

Tabla 29. Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Pinus caribaea*.

<i>Pinus caribaea</i>	Edad (Años)									
Componente	1.30	3.30	4.60	7.20	9.50	12.40	13.40	16.40	17.30	20.20
Tallo	0.24	16.47	96.57	68.15	218.8	282.0	303.1	248.5	396.5	515.1
Ramas	0.05	8.40	16.62	24.25	25.28	45.71	36.43	16.82	82.64	89.15
Raíz	0.12	9.45	16.15	38.09	59.18	55.79	66.88	49.64	121.3	236.5
Hojas	0.25	10.19	17.38	13.01	23.72	16.81	23.55	12.41	30.53	45.86
Frutos	0.00	0.00	0.04	0.45	0.14	0.22	6.15	1.00	1.18	24.92
Total	0.67	44.52	146.7	143.9	327.1	400.5	436.1	328.4	632.1	911.6
Ton / CO <sub>2</sub> / ha	0.635	39.76	103.7	161.2	244.2	213.6	331.4	389.7	303.4	267.4

*Pochota quinata*

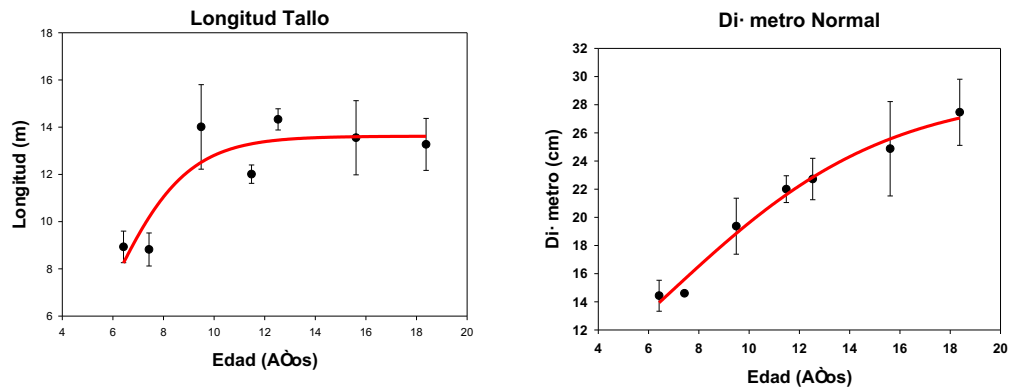


Figura 44. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Pochota quinata*.

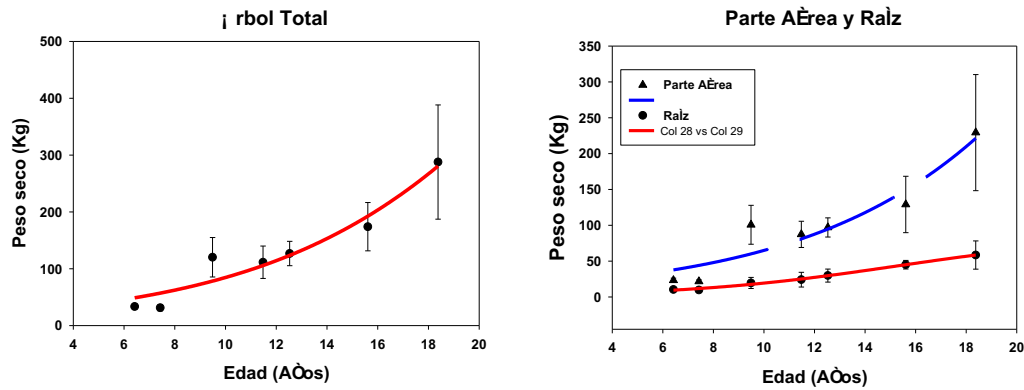


Figura 45. Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea y subsuperficial, a través del tiempo para *Pochota quinata*.

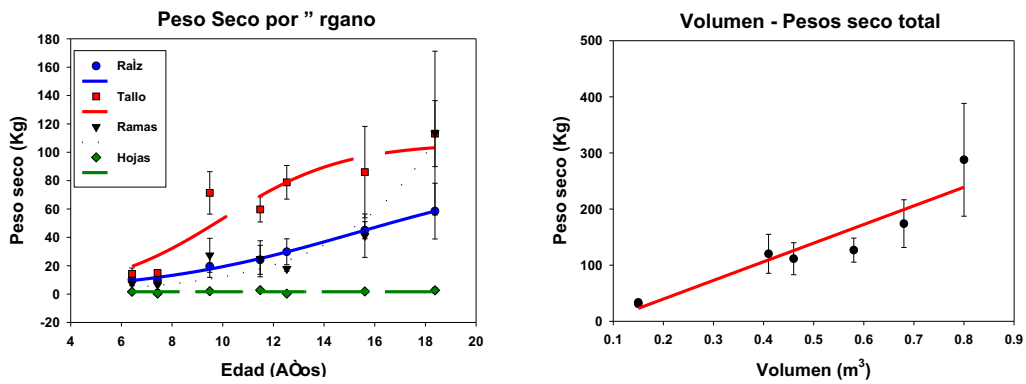
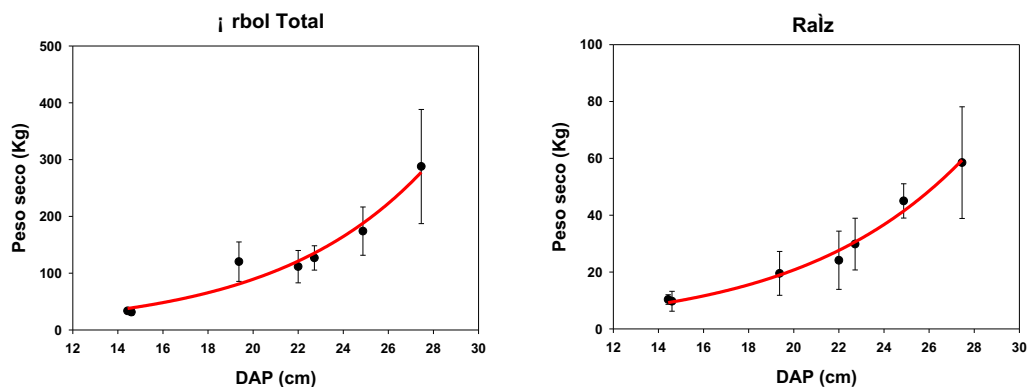


Figura 46. Acumulación de peso seco por órgano a través del tiempo y relación volumen del fuste con el peso seco total para *Pochota quinata*.



**Figura 47.** Peso seco de la parte aérea y la raíz en función del diámetro normal (DAP) para *Pochota quinata*.

**Tabla 30.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Pochota quinata*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.78	0.0460
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.98	<0.0001
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.93	<0.0001
Edad	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a*\exp(b*x)$	0.90	0.0010
DAP	Peso seco árbol	$f=a*\exp(b*x)$	0.95	<0.0001
DAP	Peso seco raíz	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.98	0.0002
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a*\exp(b*x)$	0.92	0.0005

**Tabla 31.** Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Pochota quinata*.

<i>Pochota quinata</i> Componente	Edad (Años)							
	6.42	7.43	9.49	11.48	12.53	15.61	17.29	18.38
Tallo	42.39	47.51	59.34	53.55	62.15	49.41	51.20	39.31
Ramas	22.04	20.52	22.73	22.28	14.04	23.65	22.49	39.44
Raíz	30.75	30.98	16.24	21.66	23.53	25.87	23.79	20.33
Hojas	4.81	0.99	1.69	2.51	0.27	1.07	2.52	0.92

**Tabla 32.** Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Pochota quinata*.

<i>Pochota quinata</i>	Edad (Años)							
Componente	6.42	7.43	9.49	11.48	12.53	15.61	17.29	18.38
Tallo	42.83	41.71	42.66	42.51	42.01	42.38	43.17	40.74
Ramas	39.71	37.97	32.88	38.35	40.26	38.27	34.07	34.44
Raíz delgada	36.06	33.30	35.35	32.88	37.37	33.20	31.58	31.40
Raíz gruesa	35.83	38.98	38.44	38.87	40.87	38.11	39.05	38.76
Hojas	36.04	37.07	36.34	31.13	43.11	36.65	34.51	32.74
Corteza	33.95	37.41	35.32	34.83	35.18	39.80	32.31	36.90
Total	38.09	37.81	37.14	36.75	40.73	37.72	36.47	35.62

**Tabla 33.** Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Pochota quinata*.

<i>Pochota quinata</i>	Edad (Años)							
Componente	6.42	7.43	9.49	11.48	12.53	15.61	17.29	18.38
Tallo	22.305	22.759	111.386	92.858	121.155	133.358	69.468	168.685
Ramas	10.753	8.949	32.880	34.862	26.234	57.645	24.083	143.048
Raíz	13.539	13.870	27.470	34.342	44.633	62.773	29.202	82.983
Hojas	2.132	0.422	2.699	3.190	0.539	2.489	2.731	3.182
Total	48.729	45.999	174.434	165.252	192.560	256.265	125.483	397.899
Ton / CO <sub>2</sub> / ha	48.729	44.159	111.638	66.101	82.159	88.838	66.924	111.412

*Tabebuia rosea*

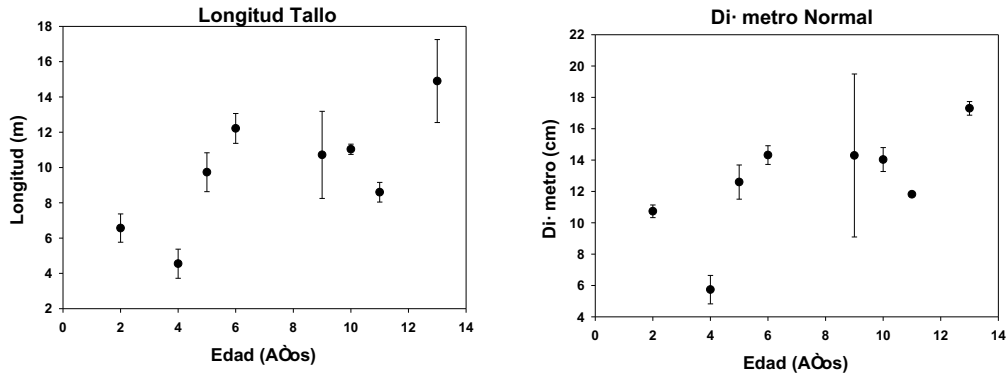


Figura 48. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Tabebuia rosea*.

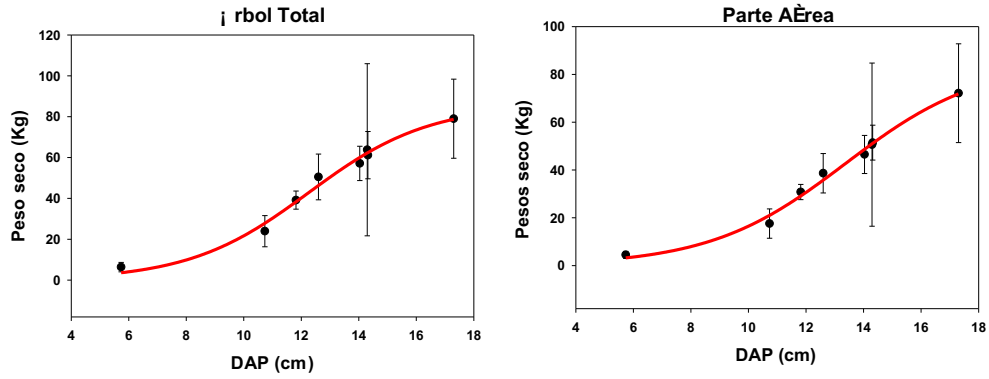
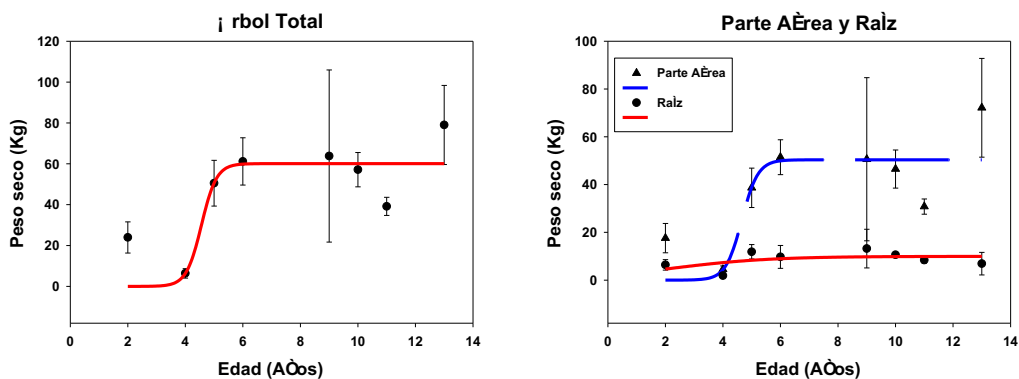
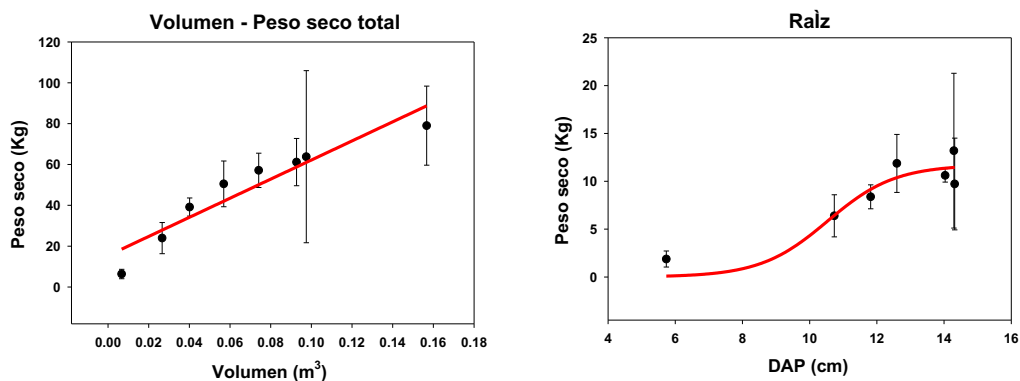


Figura 49. Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea en función del diámetro normal para *Tabebuia rosea*.



**Figura 50.** Acumulación total de biomasa por árbol y en la parte aérea y subsuperficial, a través del tiempo para *Tabebuia rosea*.



**Figura 51** Acumulación de peso seco en la raíz en función del diámetro normal y relación volumen del fuste con el peso seco total para *Tabebuia rosea*.

**Tabla 34.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Tabebuia rosea*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.72	0.1436
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.84	0.0619
Edad	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.64	0.0784
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.63	0.0858
DAP	Peso seco árbol	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.98	<0.0001
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.99	<0.0001

Tabla 35. Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Tabebuia rosea*.

<i>Tabebuia rosea</i>	Edad (Años)							
Componente	2	4	5	6	9	1	11	13
Tallo	32.24	30.29	47.69	64.55	54.39	44.40	51.77	60.25
Ramas	37.55	35.65	21.33	14.39	21.04	31.08	9.11	29.85
Raíz	22.23	25.54	27.66	17.67	19.33	17.64	26.92	7.48
Hojas	7.98	8.52	3.32	3.40	5.25	6.87	12.20	2.41

Tabla 36. Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Tabebuia rosea*.

<i>Tabebuia rosea</i>	Edad (Años)							
Componente	2	4	5	6	9	1	11	13
Tallo	44.50	46.19	41.54	43.63	43.31	43.45	44.71	45.72
Ramas	35.40	41.80	37.48	38.92	37.68	37.32	38.62	39.88
Raíz	39.58	39.58	39.58	35.59	40.55	38.35	36.50	38.46
Hojas	29.83	30.92	32.00	28.98	32.56	28.26	32.59	31.17
Total	37.33	39.62	37.65	36.78	38.53	36.85	38.10	38.81

Tabla 37. Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Tabebuia rosea*.

<i>Tabebuia rosea</i>	Edad (Años)							
Componente	2	4	5	6	9	1	11	13
Tallo	15.102	3.777	31.107	56.712	58.895	42.534	26.361	92.819
Ramas	13.994	4.024	12.557	11.276	19.824	25.571	4.009	40.115
Raíz	9.264	2.729	17.189	12.663	19.598	14.914	11.190	9.698
Hojas	2.506	0.711	1.668	1.984	4.270	4.282	4.528	2.530
Total	40.866	11.241	62.520	82.634	102.587	87.301	46.087	145.163
Ton / CO <sub>2</sub> / ha	42.501	14.089	69.189	74.922	95.748	94.286	57.148	145.163

*Cordia alliodora*

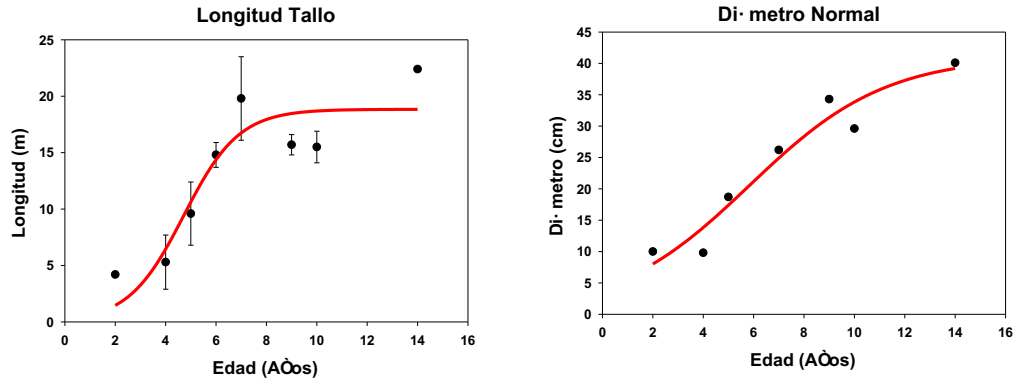


Figura 52. Longitud del tallo y diámetro normal a través del tiempo para *Cordia alliodora*.

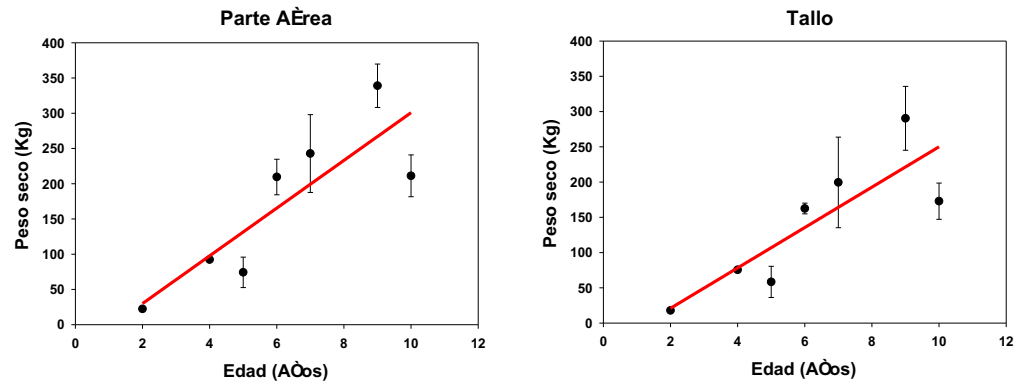


Figura 53. Peso seco de la parte aérea de la parte aérea y del tallo en función de la edad en *Cordia alliodora*.

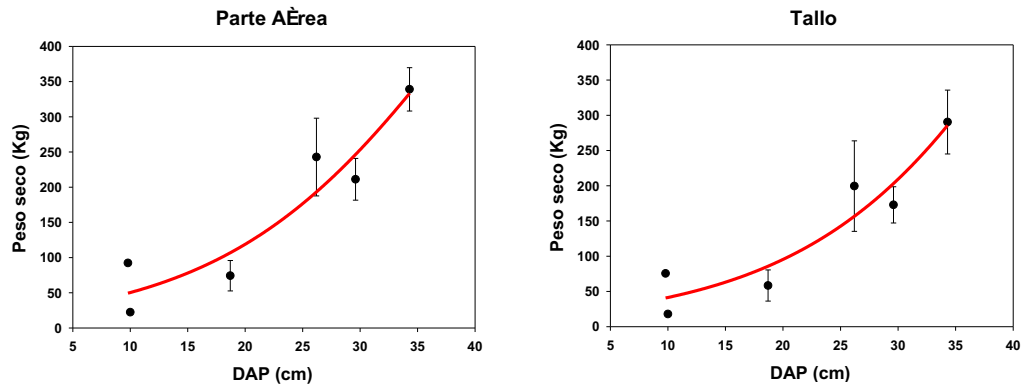


Figura 54. Peso seco de la parte aérea y del tallo en función del diámetro normal para *Cordia alliodora*.

**Tabla 38.** Modelos de mejor ajuste para las variables de crecimiento en función de la edad y el diámetro normal para *Cordia alliodora*.

X	Y	Ecuación	R <sup>2</sup>	P
Edad	Longitud	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.83	0.0114
Edad	Diámetro	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.93	0.0038
Edad	Peso seco tallo	$f=a*x+b$	0.72	0.0160
Edad	Peso seco parte aérea	$f=a*x+b$	0.72	0.0151
DAP	Peso seco tallo	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.90	0.0316
DAP	Peso seco parte aérea	$f=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b))$	0.89	0.0328

**Tabla 39.** Porcentaje de distribución de biomasa por órgano para *Cordia alliodora*.

<i>Cordia alliodora</i>	Edad (Años)						
Componente	2	4	5	6	7	9	10
Tallo	80.33	81.78	78.72	77.57	82.17	85.65	81.83
Ramas	7.28	11.24	10.24	12.99	11.13	7.09	10.76
Hojas	12.40	6.98	11.04	9.44	6.70	7.26	7.40

**Tabla 40.** Porcentaje de carbono por cada órgano de la planta y edad para *Cordia alliodora*.

<i>Cordia alliodora</i>	Edad (Años)						
Componente	2	4	5	6	7	9	10
Tallo	42.72	43.15	40.35	44.73	40.68	38.60	37.67
Ramas	40.55	41.28	40.08	39.69	42.34	37.02	38.24
Hojas	29.85	-----	27.68	31.55	36.35	33.02	30.73

**Tabla 41.** Equivalentes de CO<sub>2</sub> capturado por órgano y planta completa a través del tiempo para *Cordia alliodora*.

<i>Cordia alliodora</i>	Edad (Años)						
Componente	2	4	5	6	7	9	10
Tallo	27.9510	119.2339	86.2142	266.0603	297.0041	410.1775	238.2966
Ramas	2.4048	15.6820	11.1432	39.5413	41.8773	32.5736	31.8267
Hojas	3.0153	0.0000	8.2952	22.8433	21.6232	29.7381	17.5888
Total Parte Aérea	33.3712	134.9159	105.6525	328.4449	360.5046	472.4892	287.7122

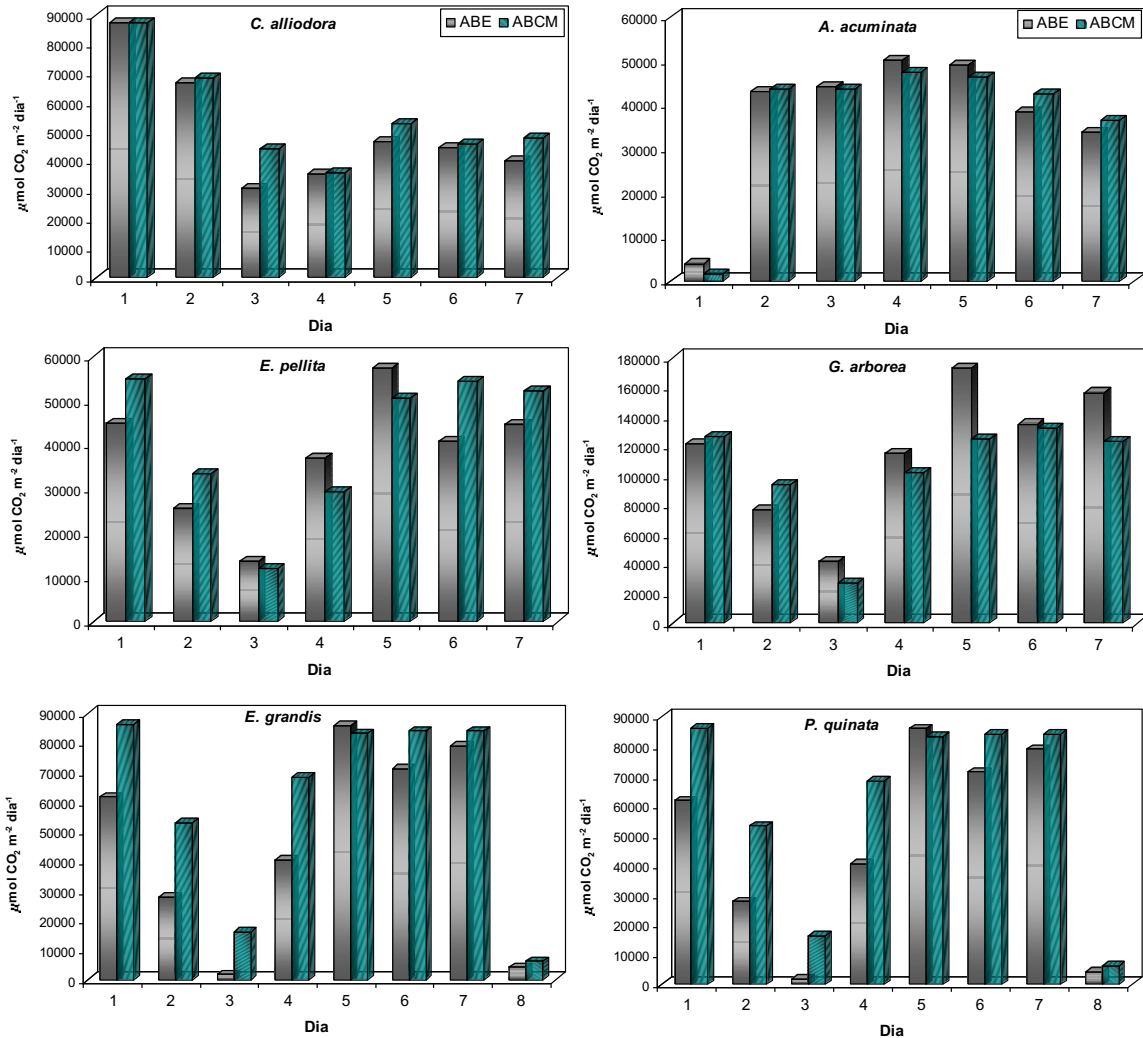
### Avances en la modelación

Se compara la asimilación de CO<sub>2</sub> medida *Ex-situ* y la asimilación estimada a partir de la aplicación del modelo descrito por Goudriaan 1986, en el cual se incluyen parámetros calculados a partir de mediciones realizadas en hojas individuales y los relacionados con la arquitectura, para seis de las ocho especies estudiadas, donde ABE es asimilación estimada y ABCM es asimilación calculada.

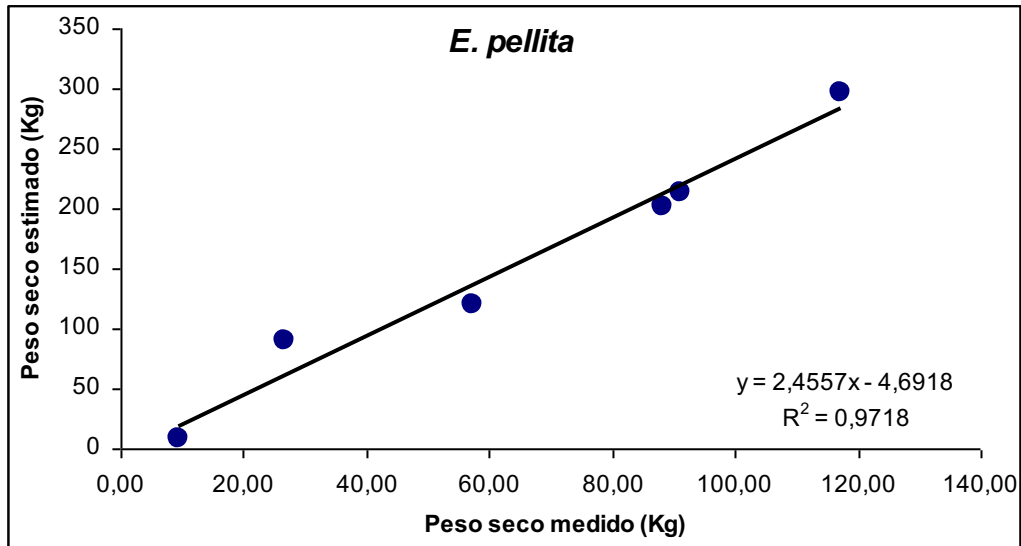
$$A = \frac{(A_m)}{k} * \frac{(\ln((A_m + (\epsilon * k * RFA)))}{(A_m + (\epsilon * k * RFA * (e^{(-k * IAF))})}$$

Donde:

- A<sub>m</sub> = Asimilación máxima
- ε = Rendimiento cuántico
- k = Coeficiente de extinción de la luz
- IAF = Índice de área foliar.



Por último se comparó la acumulación de materia seca en *E. pellita* medida por el método destructivo y la estimada a partir del método propuesto por Spitters y Goudriaan (1986), en el cual se calcula la *RFA* a partir de datos de brillo solar y latitud. Con base en ella, se calcula la acumulación de materia seca utilizando algunos parámetros generados a través de las mediciones realizadas en hojas individuales ( $\epsilon$  y  $A_m$ ) y de arquitectura ( $k$  e  $IAF$ ).



El submodelo de *RFA* explica satisfactoriamente la dinámica de acumulación de biomasa, con algunas diferencias en términos de magnitudes, las cuales obedecen principalmente a la respuesta de la especie a otros factores climáticos y de manejo.

### Obtención de ecuaciones de volumen

Con la obtención de los volúmenes reales y mediante la ayuda del software estadístico SAS versión 8.2, se evaluaron los modelos matemáticos que permita estimar con alta confiabilidad el volumen real, conociendo de antemano la altura total ( $h$ ) y el diámetro normal ( $d_n$ ).

Para la obtención de este artificio matemático se evaluaron los siguientes modelos, los cuales son los de mayor utilización en el ámbito forestal.

$$1) V_{cc} = b_0 + (b_1 * d^2 * h)$$

$$2) V_{cc} = b_0 + (b_1 * d^2) + (b_2 * h)$$

$$3) V_{cc} = b_0 + (b_1 * d^2) + (b_2 * h) + (b_3 * d^2 * h)$$

$$4) V_{cc} = b_0 + (b_1 * d^2) + (b_2 * d) + (b_3 * d^2 * h) + (b_4 * d * h) + (b_5 * h) + (b_6 * h^2)$$

### Modelos de tipo logarítmico

$$5) V_{cc} = b_0 * d^{b_1} * h^{b_2}$$

Transformado

$$\text{Log } V_{cc} = b_0 + (b_1 * \text{log}(d)) + (b_2 * (\text{log}(h)))$$

$$6) V_{cc} = b_0 * (d+1)^{b_1} * h^{b_2}$$

Transformado

$$\text{Log } V_{cc} = b_0 + (b_1 * (\text{log}(d+1))) + (b_2 * (\text{log}(h)))$$

$$7) V_{cc} = b_0 * (d^2 * h)^{b_1}$$

Transformado

$$\text{Log } V_{cc} = b_0 + (b_1 * (\text{log}(d^2 * h)))$$

$$8) V_{cc} = b_0 * (h/d)^{b_1} + (d^2 * h)^{b_2}$$

Transformado

$$\text{Log } V_{cc} = b_0 + (b_1 * (\text{log}(h/d))) + (b_2 * (\text{log}(h)))$$

### Modelo exponencial

$$9) V_{cc} = b_0 * e^{(b_1 * h)} * d^{b_2}$$

$$10) V_{cc} = a e^{*bd}$$

$$11) V_{cc} = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{ht - x_0}{b}\right)}}$$

En algunas ocasiones solo se dispone de uno de los parámetros, diámetro normal(d) o la altura (h). Para determinar el volumen real de madera producida por un árbol. Ambos parámetros por si solos, como variable independiente, predicen el volumen, así que disponer de uno de ellos, permitirá buena confiabilidad, pero de menor precisión un estimativo del volumen real.

□ *Cordia alliodora*

Para *C. alliodora* el modelo de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza es el de tipo logarítmico, representados como modelo 1 y modelo 6 respectivamente.

**Tabla 42.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Cordia alliodora*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
1	Volumen con corteza	$V_{cc} = b_0 + (b_1 * d^2 * h)$	$b_0 = 0.1093$ $b_1 = 0.0000361$	0,97	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0102
6	Volumen sin corteza	$V_{sc} = b_0 * (d+1)^{b_1} * h^{b_2}$	$b_0 = -9.503$ $b_1 = 1.438$ $b_2 = 1.411$	0.99	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0103

□ *Tabebuia rosea*

Para *T. rosea* los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 5 y 6.respectivamente.

Para el caso de que solo se disponga del diámetro o de la altura, como parámetro predictor el modelo de mejor estimación es el exponencial y se reseña como ecuación 10.

**Tabla 43.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Tabebuia rosea*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = a e^{*bd}$	$a = 0.037$ $b = 0.21309$	0.90	Diámetro normal (d)	<0.0001
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = a e^{*bh}$	$a = 0.0114263$ $b = 0.170962$	0.85	Altura total (h)	<0.0001
5	Volumen con corteza	$V_{cc} = b_0 * d^{b_1} * h^{b_2}$	$b_0 = -9.768$ $b_1 = 2.209$ $b_2 = 0.646$	0,98	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0102
6	Volumen sin corteza	$V_{sc} = b_0 * (d+1)^{b_1} * h^{b_2}$	$b_0 = -8.89$ $b_1 = 1.885$ $b_2 = 0.705$	0.98	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0102

□ *Alnus acuminata*

Para *A. acuminata* los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 5 y 6.respectivamente

**Tabla 44.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Alnus acuminata*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{d-x_0}{b}\right)}}$	a = 1.1694 b= 4.5928 X <sub>0</sub> = 24.3484	0.98	Diámetro normal (d)	<0.0001
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{ht-x_0}{b}\right)}}$	a=0.4978 b=3.5069 X <sub>0</sub> = 22.1306	0.99	Altura total (h)	<0.0001
6	Volumen con corteza	$V_{cc} = b_0*(d+1)^{b_1}*h^{b_2}$	b <sub>0</sub> = -10.55 b <sub>1</sub> =1.915 b <sub>2</sub> =1.207	0,98	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0047
7	Volumen sin corteza	$V_{sc} = b_0 * (d^2*h)^{b_1}$	b <sub>0</sub> = -9.836 b <sub>1</sub> =0.968	0.98	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0102

□ *Eucalyptus grandis*

Para calcular el volumen del caso de que solo se disponga del diámetro o de la altura, como parámetro predictor el modelo de mejor estimación es el de tipo exponencial.

Para *E. grandis* los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 6 y 5.respectivamente

**Tabla 45.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Eucalyptus grandis*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = ae^{*bd}$	a = 0.2214 b= 0.0518	0.81	Diámetro normal (d)	<0.0001
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = ae^{*bh}$	a=0.0074 b=0.1387	0.92	Altura total (h)	<0.0001
6	Volumen con corteza	$V_{cc} = b_0*(d+1)^{b_1}*h^{b_2}$	b <sub>0</sub> = -9.817 b <sub>1</sub> =0.742 b <sub>2</sub> =2.085	0.975	Diámetro normal (d) y altura total (h)	<0.0001
5	Volumen sin corteza	$V_{sc} = b_0*d^{b_1}*h^{b_2}$	b <sub>0</sub> = -9.151 b <sub>1</sub> =1.108 b <sub>2</sub> =1.581	0,98	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0102

□ *Eucalyptus pellita*

Para calcular el volumen en función de una sola de las variables predictoras; diámetro o altura, el modelo de mejor estimación es el de tipo exponencial.

Los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 7.

**Tabla 46.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Eucalyptus pellita*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = ae^{*bd}$	a = 7.72696 b = 0.1789	0.98	Diámetro normal (d)	<0.0001
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = ae^{*bh}$	a=9.53143 b=0.135759	0.98	Altura total (h)	<0.0001
6	Volumen con corteza	$V_{cc} = b_0*(d+1)^{b_1}*h^{b_2}$	b <sub>0</sub> = -9.25 b <sub>1</sub> =1.668 b <sub>2</sub> =0.987	0.9917	Diámetro normal (d) y altura total (h)	<0.0001
6	Volumen sin corteza	$V_{sc} = b_0*(d+1)^{b_1}*h^{b_2}$	b <sub>0</sub> = -9.216 b <sub>1</sub> =1.677 b <sub>2</sub> =0.935	0,98	Diámetro normal (d) y altura total (h)	0.0002

□ *Pinus caribaea*

Para calcular el volumen en función de una sola de las variables predictoras; diámetro o altura, el modelo de mejor estimación es el de tipo exponencial.

Los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 7.

**Tabla 47.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Pinus caribaea*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = ae^{*bd}$	a = 0.0214 b = 0.1173	0.978	Diámetro normal (d)	<0.0001
11	Volumen con corteza	$V_{cc} = ae^{*bh}$	a=0.0069 b=0.2387	0.95	Altura total (h)	<0.0001
8	Volumen con corteza	$V_{cc} = b_0*(h/d)^{b_1} + (d^2*h)^{b_2}$	b <sub>0</sub> = -9.35 b <sub>1</sub> =-1.47 b <sub>2</sub> =2.74	0.99	Diámetro normal (d) y altura total (h)	<0.0001
8	Volumen sin	$V_{sc} = b_0*(h/d)^{b_1} + (d^2*h)$	b <sub>0</sub> = -9.85	0.99	Diámetro	0.0055

	corteza	$b^2$	$b_1=-1.689$ $b_2=2.848$		normal (d) y altura total (h)	
--	---------	-------	-----------------------------	--	----------------------------------	--

□ *Pochota quinata*

Para calcular el volumen en función de una sola de las variables predictoras; diámetro o altura, el modelo de mejor estimación es el de tipo exponencial.

Los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 7.

**Tabla 48.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Pochota quinata*

#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
2	Volumen con corteza	$V_{cc}=b_0+(b_1*d^2)+(b_2*h)$	$b_0=-0.1145$ $b_1=0.0095$ $b_2=0.0003$	0.84	Diámetro normal (d)	<0.0001
2	Volumen con corteza	$V_{cc}=b_0+(b_1*d^2)+(b_2*h)$	$b_0=-1.1222$ $b_1=0.92$ $b_2=0.0303$	0.73	Altura total (h)	<0.0001
*	Volumen con corteza	$\ln(v) = b_0 + b_1 * \ln(d) + b_2 * \ln(h)$				
**	Volumen sin corteza*	$v_{sc} = \frac{b_0 * d^2 * (h - 0.1)^{b_1}}{(h - 1.3)b_2}$				

\*modelo que aún no se han ajustado bien los parámetros

\*\*modelo ajustado por Hernán Urueña (Monterrey Forestal), el cual aún falta por terminar de ajustar sus parámetros en Cenicafé)

□ *Gmelina arborea*

Para calcular el volumen en función de una sola de las variables predictoras; diámetro o altura, el modelo de mejor estimación es el de tipo exponencial.

Los modelos de mejor ajuste para estimar el volumen con corteza y sin corteza, teniendo como parámetros estimadores d y h, son del tipo logarítmico, como los reseñados en el modelo 7.

**Tabla 49.** Ecuaciones de volumen con y sin corteza para *Gmelina arborea*

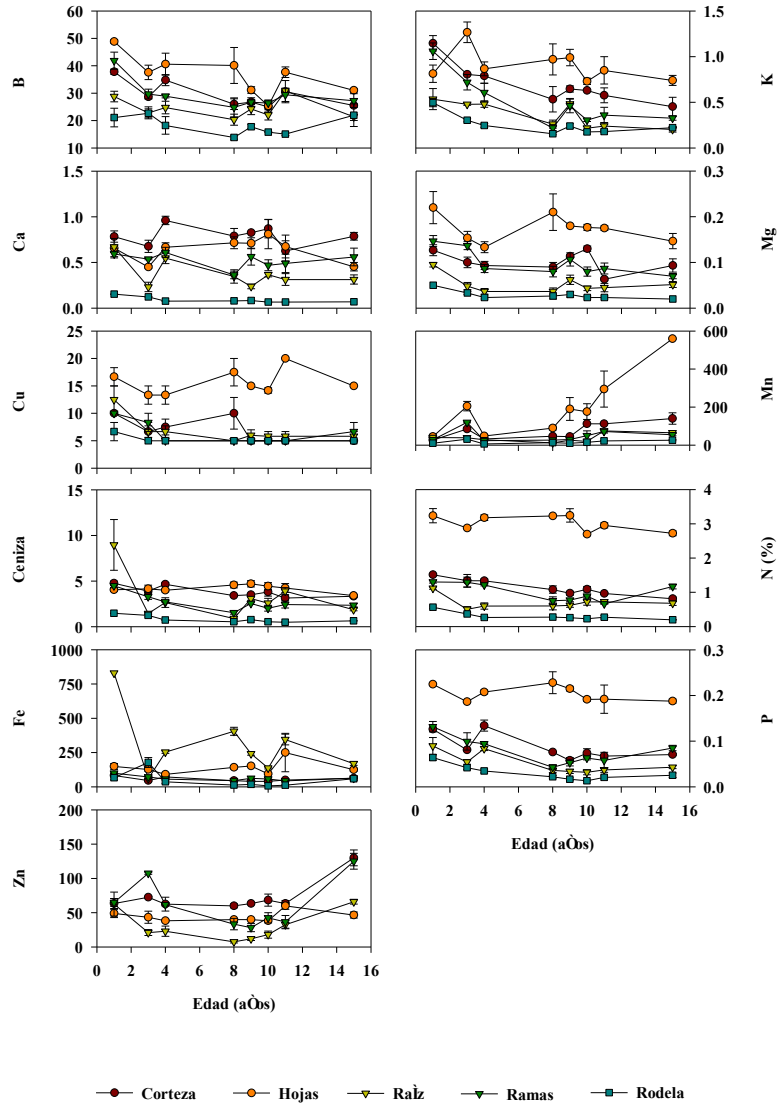
#	Componente	Modelo	Parámetros	R <sup>2</sup>	Variables	Signific.(P)
2	Volumen con corteza	$V_{cc}=y_0+(a*d^2)+(b*h)$	$y_0=0.0907$ $a=-0.01536$ $b=0.001107$	0.96	Diámetro normal (d)	<0.0001
2	Volumen con corteza	$V_{cc}=y_0+(a*d^2)+(b*h)$	$y_0=-0.0683$ $a=0.0254$ $b=0.1615$	0.84	Altura total (h)	<0.0001

\*Los modelos de volumen con corteza y sin corteza en función del diámetro normal (d) y la altura total (h) se están terminando de ajustar.

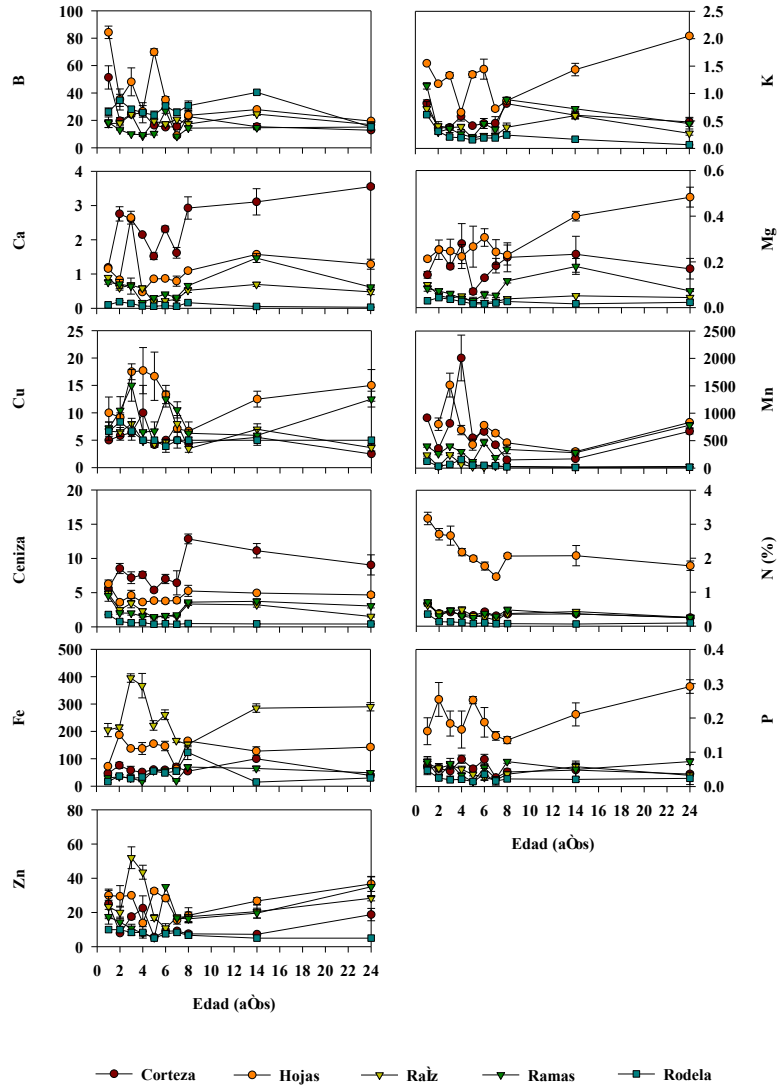
### **Composición mineral**

Las gráficas siguientes presentan la composición de los diferentes elementos minerales medidos en los órganos de las especies *Alnus acuminata*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pellita*, *Pinus caribaea*, *Gmelina arborea* y *Pochota quinata*. En lo anexos digitales se presentan las bases de datos y el análisis estadístico por especies, órgano y edad.

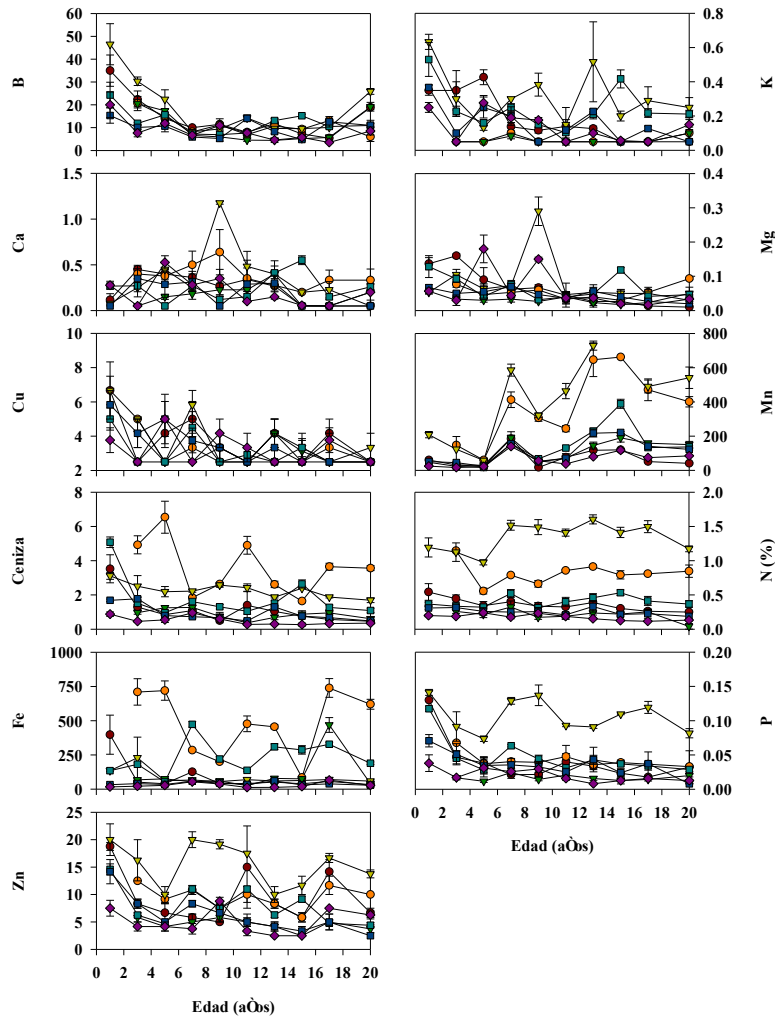
*Alnus acuminata*



*Eucalyptus grandis*

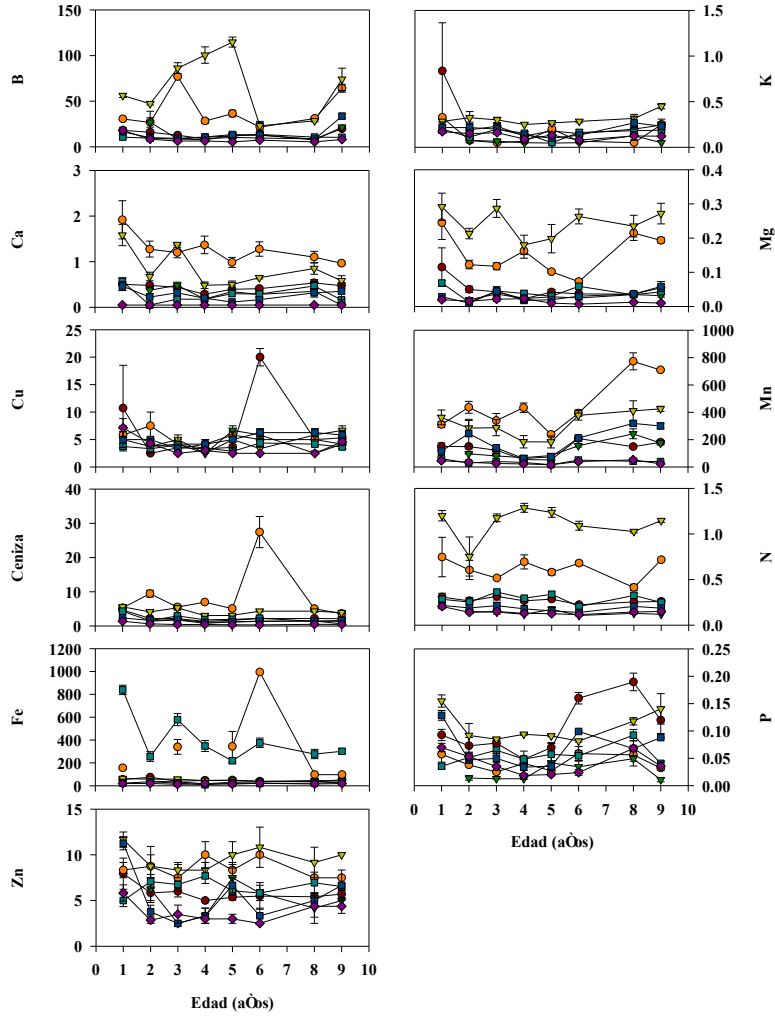


*Pinus caribea*



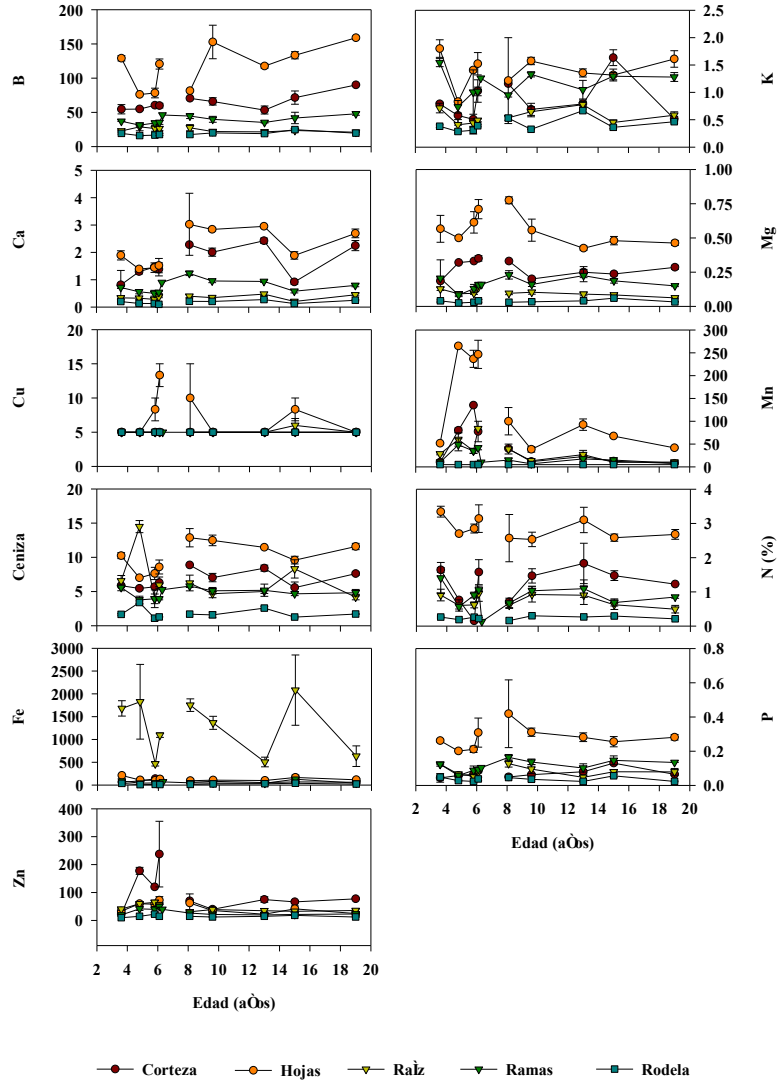
—●— Corteza —○— Hojarasca —▽— Hojas —▽— Necromasa —□— Raíz p —■— Ramas —◇— Rodela

*Eucalyptus pellita*

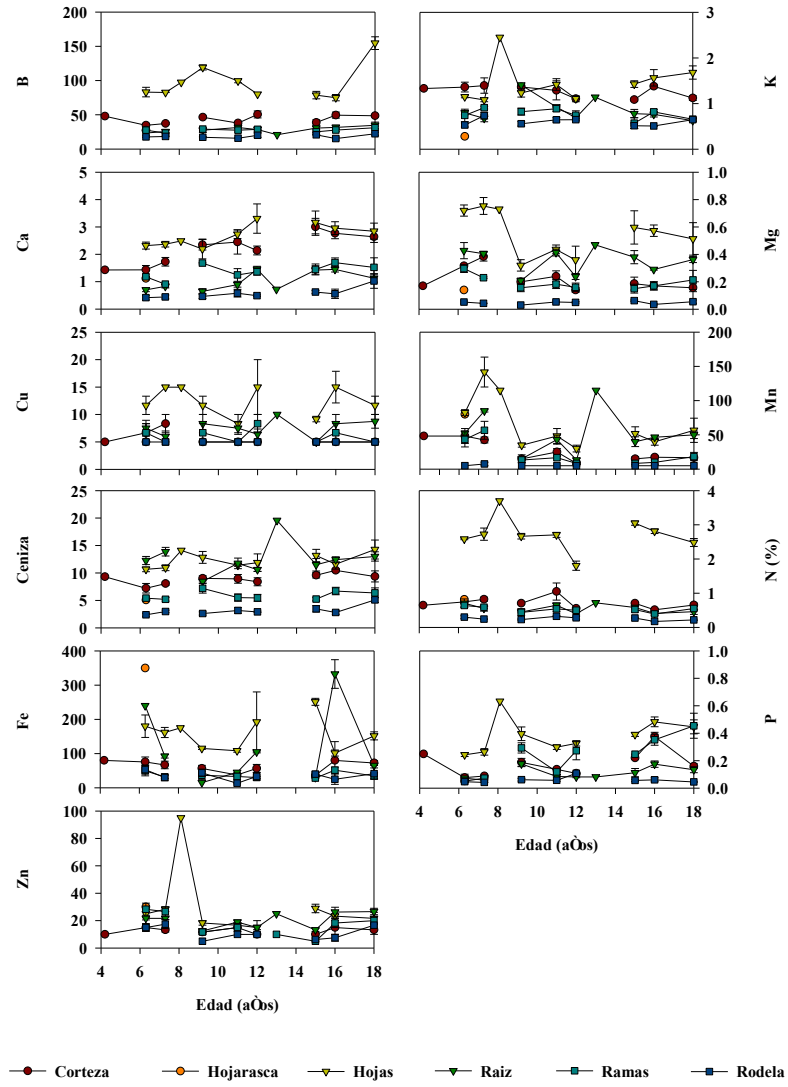


—●— Corteza —○— Hojarasca —▽— Hojas —▽— Necromasa —□— Raíz —■— Ramas —◇— Rodela

*Gmelina arborea*



*Pochota quinata*



## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- BALDOCHI, D.D.; VERMA, S.B., ANDERSON, D.E. (1987). Canopy photosynthesis and water use efficiency in a deciduous forests. *Journal Applied Ecology* 24:251-260.
- BINKLEY AND RICHTER. (1987). Nutrient cycles and H<sup>+</sup> ion budgets in forest ecosystems. *Advances in ecological research* 16:1-51.
- BOWYER, J.R.; LEEGOOD, R.C. (1997). Photosynthesis. In *Plant biochemistry*. Ed. by P.M. Dey & J.B. Harborne. Academic Press, London. 49 -110 pp.
- BRAIDY, J. (1992). *Forest Soils*. Mc Graw Hill. Pp 80-84.
- CAMBIUM (2003). Boletín informativo sobre cambio climático global del Centro de Investigación Carbono & Bosque. Vol 1. No. 3. 6 p.
- COSTES, C. (1978). Processus photochimiques et conversion énergétique de la lumière dans la feuille. In *Photosynthèse et production végétale*. Gauthier-Villars, Paris. 33-72 pp.
- DAVIS, B.E. (1994). Loss on ignition to asses soils organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38:151-151.
- DE WIT C. T. (1965). Photosynthesis of leaf canopies; *Agric. Res. Report* N° 663 PUDOC, Wageningen. 57 p.
- DOEHLERT, D.C.; WALKER, R.B. (1981). Photosynthesis and respiration in Douglas-fir as influenced by irradiance, CO<sub>2</sub> concentration and temperature. *Forest Science* 27:641-650.
- GIECC. (1996a). *Climate change 1995. Contribution of WG I to the second assessment report of the IPCC*. Cambridge University Press.
- GIECC. (1997a). Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Organización Meteorológica Mundial. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 51 p.
- GIECC. (1997b). Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Organización Meteorológica Mundial. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 63 p.
- GIECC. (2000a). *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Organización Meteorológica Mundial. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 30 p.
- GIECC. (2000b). *Informe especial del IPCC escenarios de emisiones*. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Organización Meteorológica Mundial. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 27 p.
- GÓMEZ, L.F. (2000). Estimación de la fotosíntesis al nivel de plantas completas de café *Coffea arabica* L. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Tesis. 85 p.
- GÓMEZ, L.F.; RIAÑO, N.M. (2001). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de intercambio gaseoso para plantas completas. *Cenicafé* 52(3): 195 – 204.
- GOODESS, C.M.; PALUTIKOF, J.P. (1992) The development of regional climate scenarios and ecological impact of greenhouse gas warming. *Adv. Ecol. Res.* 22: 33-62.

HALL A. J.; M. S. CARCELLER, J. H. LEMCOF, L. DE MIGUEL, C. A. CHIMENTI, P. INSAUSTI, A. MELLA, M. C. ROUSSEAU, A. M. ZIMA Y E. L. PLOCHUK (2001). Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. p. 32.

IPCC. (2001). Climate Change. Impacts, adaptation, and Vulnerability. Technical summary, a reporting of working group II of the Intergovernmental Panel of Climate Change.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). (2001). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 267 p.

LAWLOR, D.W. (1987). Photosynthesis: Metabolism, control, and physiology. Longman Scientific & Technical, Essex, U.K.

LOPERA, G.J.; GUTIERREZ, V.H. 2000. Viabilidad técnica y económica de la utilización de *Pinus patula* como sumidero de CO<sub>2</sub>. Mimeografiado. 2p.

LÓPEZ, J.; RIAÑO, N.; LÓPEZ, Y. (2001). Características fotosintéticas de cinco especies forestales. Cenicafé. 52(3): 161 – 169.

MEAD, D. (1982). Cycling of Nutrient low Silviculture Management in Radiata Pine. Journal CESIRO No. 19

MIELKE, M.S.; OLIVA, M.A.; DE BARROS, N.F.; PENCHEL, R.M., MARTINEZ, C.A.; DA FONSECA, S.; DE ALMEIDA, A.C. (2000). Leaf gas exchange in a clonal eucalypt plantation as related to soil moisture, leaf water potential and microclimate variables. Trees 14:263-270.

MONTEITH J. L. (1965). Light distribution and Photosynthesis in field crops. Annals of Botany (Inglaterra) 29(113). pp.17-37.

NORMAN J. M. AND CAMPBELL G. S. (1989). Canopy structure; En: Plant Physiological Ecology, field methods and instrumentation; edited by Chapman and Hall; cap. 14; p: 301 – 325.

NORMAN J. M; WELLES J. M; MC DERMITT D. K. 1992; Estimating canopy light-use and transpiration efficiencies from leaf measurements; Manual de aplicación, nota # 105; LI – COR inc. 18 pg.

PEREIRA, J.S.; TENHUNEN, J.D.; LANGE, O.L. (1987). Stomatal control of photosynthesis of *Eucalyptus globulus* Labill. Trees under field conditions in Portugal. Journal Experimental Botany 38:1678 - 1685.

RIAÑO, N.; LONDOÑO, X.; LÓPEZ, Y.; GÓMEZ, J. (2002). Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in the Valle del Cauca – Colombia. Bamboo, Science and Culture. 16(1): 43 – 51.

SAEKI T. (1993). Light relations in plant communities. In: environmental control of plant growth; New York. Academy Press. Pp. 79- 94.

SARALABAY, V.C.; VIVEKANANDAN, M.; SURESH BABU, R. (1997) Plant responses to high CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere. Photosynthetica 33: 7-35.

SHELTON, M.G., NELSON, L.E. AND SWITZER, G.L. (1984). The weight volume and nutrient status of plantation-crow loblolly pine trees in the interior flat-wood os Mississippi. Mississippi Agricultural and Forestry Experimental Station. Tech. Bull. 121.

SWITZER, G.L. AND L.E. NELSON. 1972. Nutrient accumulation and Cycling in Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystem: first twenty year. *Soils Sci. Soc. Am. Proc.* 36:143-147.

WEEL AND JORGENSEN. 1975. Nutrient Cycling in loblolly pine plantations. Pp. 137-158. In *forest soils and Land Management*. (B. Barbier and C.H. Winget, ed) Laval Univ. Press, Quebec.