

Caída de materiales desde la copa de *Prosopis tamarugo* Phil, en la Pampa del Tamarugal. I Región, Chile*

Fallen organic materials from the canopy of *Prosopis tamarugo* Phil. In the Tamarugal Pampa (I Región, Chile)

C.D.O.: 114.351

RENE COVARRUBIAS¹, HAROLDO TORO², RODRIGO VILLASEÑOR³,
ELIZABETH CHIAPPA³, I. MELLADO¹.

SUMMARY

A research was conducted in the *Prosopis tamarugo* plantations, in the desertic area of the "Salar de Pintados" (I Región, Chile). An annual cycle was recorded, from materials fallen from the tree's canopy.

Significative variations of these materials were found, both in time and among different trees, factors dependent from each other, as shown by the analysis of variance. Analogous variations are described for the water content in the sample materials.

10 different fractions of the fallen materials were analyzed separately, especially those associated with reproduction and photosynthesis; their annual variations are described.

RESUMEN

En la plantación de *Prosopis tamarugo* del área del Salar de Pintados (I Región, Chile) se realizó un ciclo anual de mediciones de materiales caídos desde la copa de los árboles. Se encuentran variaciones significativas en las cantidades: tanto en el tiempo (meses) como según los árboles, ambos factores son dependientes. Variaciones análogas se describen para el contenido de agua de esas muestras.

Se realiza un análisis de 10 fracciones distintas del material caído, discutiendo en especial aquellas asociadas a la reproducción o con la fotosíntesis; se describen las variaciones fenológicas para cada fracción.

INTRODUCCION

En el contexto de un proyecto de investigación general sobre relaciones ecológicas de *Prosopis tamarugo* nos propusimos estudiar la caída de materiales orgánicos desde las ramas de esta especie de árbol al suelo. Tal estudio debió comprender un ciclo anual de mediciones, de manera de abarcar todas las variaciones estacionales de *P.*

tamarugo, con mediciones cuantitativas y cualitativas de flores y frutos caídos e incluyendo otros variados materiales.

En otro trabajo de esta serie (Villaseñor *et al.*, en preparación) se dará cuenta de la fenología del tamarugo, con la estacionalidad y características de las floraciones, renuevo de hojas, etc.

El interés de efectuar el presente estudio proviene de dos vertientes. Una es la problemática ecológica, que nos motiva a medir y observar rigurosamente esta etapa de la entrega de materiales al suelo, tanto en calidad como en cantidad. El otro aspecto es precisar la producción y caída de material vegetal con datos actuales, como base para la alimentación de explotaciones de ganado doméstico, que pueden realizarse en el lugar, detallando las diferentes fracciones vegetales que caen.

La plantación de tamarugos en el Salar de Pintados (20°24' Lat. S., 69°38' Long. W.), donde se

* Financiado por el Proyecto 90-0490 de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Chile.

¹Instituto de Entomología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Casilla 147, Santiago, Chile, ²Universidad Católica de Valparaíso, Zoología, Casilla 4059.

³Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Casilla 34-V, Valparaíso, Chile.

realizó este trabajo, constituye una reserva forestal bajo la responsabilidad de la Corporación Nacional Forestal y se ha suspendido, actualmente, la explotación pecuaria extensiva que se realizó en el pasado.

METODOS

Se preparó un conjunto de 30 bandejas con estructuras de alambre grueso, recubiertas interiormente por sacos de plástico *ad hoc*, con una superficie circular expuesta hacia arriba, de 38 cm de diámetro y patas que le dieron una altura de 15 cm sobre el suelo.

De acuerdo al diseño experimental, se determinó al azar un conjunto de 10 tamarugos, en el sector de plantación de 56 años. Bajo cada uno de los árboles se dispusieron 3 bandejas, en puntos también al azar, de modo de poder contrastar la variación por árbol a la variación global. Todo el sector está en un lugar en que no hay llegada de ovinos o caprinos, los que en pequeña cantidad se mueven en la reserva y podrían alterar sustancialmente los resultados, consumiendo el material desde las bandejas.

La experiencia se inició al 20 junio de 1991, retirándose el material caído en todas las bandejas una vez al mes, el que, separado en envases plásticos por bandeja y con la debida información (fecha, N° árbol, N° de bandeja), era llevado al laboratorio; se dejaron habilitadas cada vez las bandejas vacías para el nuevo período.

Con el material de cada bolsa (producto de una bandeja) se efectuaron las siguientes mediciones: 1. peso total húmedo, 2. peso total seco, después de estar en una estufa a 110°C durante 2 horas, 3. peso de las principales fracciones que se pudieran diferenciar en el material seco.

En el análisis de los datos se utilizó análisis de varianza a dos criterios: modelo cruzado y mixto (Dagnelie, 1970). También se utilizó el método de comparación múltiple de medias, de Newman y Keuls (Dagnelie, 1970). En el caso de análisis de porcentajes se utilizó la transformación arcoseno (Sokal y Rohlf, 1965).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. *Pesos secos totales de material caído en bandejas.* Los pesos secos totales del material obtenido en las bandejas se pueden resumir, para cada mes,

en una media y su respectivo coeficiente de variación, el conjunto de los cuales se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1

Media aritmética (\bar{X}) de 30 muestras y coeficiente de variación (CV) de los pesos secos totales caídos por mes, bajo la copa de *Prosopis tamarugo*, expresados como g/m². Medias con letra "a", significativamente diferentes de aquellas seguidas de letra "b".
Arithmetic mean (\bar{X}) of 30 samples and standard deviation (CV) of total monthly dry weight, fallen under *P. tamarugo's* canopy, as g/m². The "a" following averages significantly different than those with "b".

		\bar{X}	CV
Julio	1991	26.51 b	51.21
Agosto	1991	59.78 b	50.59
Septiembre	1991	91.26 a	66.57
Octubre	1991	39.86 b	71.46
Noviembre	1991	106.87 a	64.44
Diciembre	1991	40.21 b	62.50
Enero	1992	98.67 a	77.39
Febrero	1992	99.99 a	147.71
Marzo	1992	48.85 b	106.86
Abril	1992	30.24 b	42.57
Mayo	1992	27.25 b	66.99
Junio	1992	26.72 b	43.23
Julio	1992	35.15 b	70.24

Se observan diferencias importantes entre las medias de los diferentes meses, las que varían entre 26.51 y 106.87 g/m²/mes, pero como los coeficientes de variación también son elevados, es necesario aplicar una prueba estadística para poder determinar si se trata de diferencias reales o aleatorias; conjuntamente se puede probar si los valores de las medias correspondientes a cada uno de los árboles muestran o no valores diferentes, lo que probaría eventuales diferencias individuales, mostrando árboles más productivos que otros, o, por el contrario, que todos tienden a tener igual cantidad de material caído.

Para probar ambos casos se realizó un análisis de varianza a dos criterios, modelo mixto (factor fijo = meses, factor aleatorio = árboles), el que entregó los resultados que aparecen en el cuadro 2.

Se puede inferir, entonces, que tanto el factor meses como el factor individuo-árbol tienen una acción claramente significativa sobre la variable estudiada. Aún más, dado que la interacción también es significativa, se puede asumir que ambos

CUADRO 2

Resultados de análisis de varianza a dos criterios: modelo cruzado, mixto, de los pesos secos totales de materiales caídos bajo *Prosopis tamarugo* para los factores tiempo (meses) y árboles (10 individuos, aleatorio) con 3 observaciones por bloque.

Results from two way analysis of variance, for total dry weights fallen from *P. tamarugo*. Factor time (months) and factor tree (10 individuals). 3 replications by block.

	Valor de F	Grados libertad	Significación
Factor meses	16.28	12 y 108	p<0,001
Factor árboles	5.70	9 y 260	p<0,001
Interacción	2.66	108 y 260	p<0,001

factores probados no son independientes, es decir, por ejemplo para determinados meses, el material caído depende del factor árbol.

Dado que las diferencias globales entre medias mensuales son significativamente diferentes y siendo éste un factor fijo, interesa determinar cuál o cuáles medias en particular son diferentes del resto para así poder precisar los meses de aumento o disminución significativas en la caída de materiales al suelo.

La prueba de Newman y Keuls muestra la presencia de dos grupos de medias significativamente diferentes entre ellas, para $p < 0.05$; uno de ellos abarca el conjunto de septiembre, noviembre, enero y febrero correspondiente a medias elevadas y el segundo grupo a todas las otras medias, de valores menores. Dentro de cada subconjunto no se encuentran nuevas diferencias, por lo que se asume la hipótesis H_0 de igualdad.

Estos resultados son interesantes por su significación fenológica, por lo que se representan las medias de todo el ciclo en el histograma de la figura 1. Se puede observar una distribución trimodal, con medias significativamente más elevadas en los meses de septiembre y noviembre, separadas por un valor significativamente más bajo en octubre. La tercera subida o mayor caída de material abarca los meses de enero y febrero y está separada de las modas anteriores por el valor de diciembre, significativamente más bajo, al igual que los valores del resto del ciclo, desde marzo, inclusive hasta julio 1992.

Es necesario recordar que estos resultados se refieren a la caída total de material: comprendiendo frutos, flores, hojas, ramitas, etc., por lo que

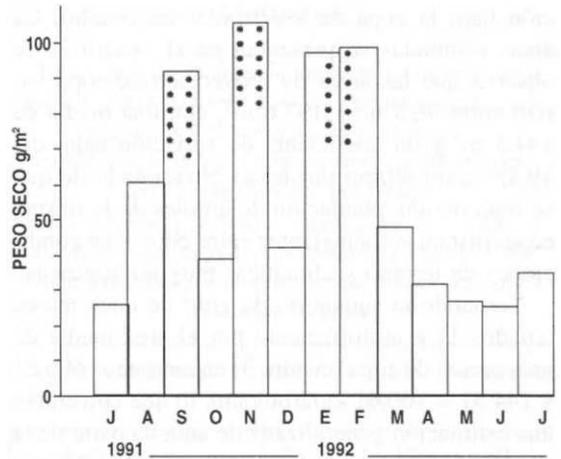


Figura 1. Distribución de los pesos secos de materia total caída en los diferentes meses del ciclo anual (en gramos por metro cuadrado)

••••• = Máximos, significativamente diferentes

Total dry weight distribution along an annual cycle (g/m^2)

sería de interés determinar cuál o cuáles de los rubros señalados son los causantes de las alzas significativas de caída de material; este punto es analizado más adelante.

En lo que se refiere a la significación elevada que muestra el factor árbol en el análisis, indica la existencia de árboles con mayor y otros con menor caída de material orgánico al suelo; este factor puede estar indicando diferencias genéticas o bien ataques por herbívoros que provoquen pérdidas individuales de frutos, flores, botones, etc., en algunos árboles. En el análisis cualitativo de los árboles involucrados en el estudio y del tipo y calidad de material recogido se observa una gran homogeneidad en cuanto a estado sanitario, por lo que es poco probable la segunda hipótesis, quedando como alternativa la primera, de individuos con mayor producción de flores y frutos.

Esta situación no es general para todas las plantas de la reserva, siendo frecuente observar ataques de *Leptotes trigemmatum* que desfolian casi completamente algunos ejemplares, mientras que otros prácticamente no sufren ningún daño. Los resultados se refieren a un solo ciclo fenológico anual; creemos que sería de interés determinar, mediante estudios a largo plazo, si para un mismo árbol hay variaciones cíclicas en períodos mayores.

Con las cifras del cuadro 1 se puede estimar la cantidad total del material caído por árbol, para lo cual se realizaron mediciones del área de proyec-

ción bajo la copa de los árboles en estudio; las áreas estimadas se presentan en el cuadro 3. Se observa que las áreas de proyección de copa varían entre 96.8 m² y 197.6 m², con una media de 144.5 m² y un coeficiente de variación bajo, del 19,4%; esto último puede ser el resultado de que se trata de una plantación de árboles de la misma edad, distancias semejantes entre ellos y en condiciones de terreno y climáticas muy homogéneas.

Tomando la sumatoria de g/m² de doce meses (cuadro 1) y multiplicando por el área media de proyección de copa (cuadro 3) encontramos 696.21 x 144.51 = 100.61 kg/árbol/año, lo que constituye una estimación generalizada de aquella parte de la productividad neta media que retorna al suelo, por árbol y por año; toda esta cantidad estaría disponible como base alimentaria de una explotación caprina u ovina en la zona.

Se ha observado, en terreno, que por acción de los vientos dominantes la cantidad de material orgánico caído bajo copa se reparte o redistribuye en un área mayor, que llamaremos "área de influencia sobre el suelo"; esta área no es concéntrica al área de proyección de copa, sino que es una elipse desviada regularmente hacia el lado E o NE y toma una forma como la que se ilustra en la figura 2.

CUADRO 3

Áreas estimadas para 10 árboles en estudio, en m².

A) áreas de proyección de copa.

B) áreas de influencia.

Measured areas for 10 *P. tamarugo* trees.

A) under canopy projection. B) under influence area.

	A	B
árbol 1	121.05	232.05
árbol 2	143.52	275.13
árbol 3	130.17	249.55
árbol 4	197.63	378.87
árbol 5	142.55	273.27
árbol 6	159.57	305.90
árbol 7	96.84	185.65
árbol 8	137.72	264.02
árbol 9	141.04	254.03
árbol 10	175.04	351.91
	$\bar{X} = 144.51$	$\bar{X} = 277.04$
	CV = 19.40	CV = 20.37

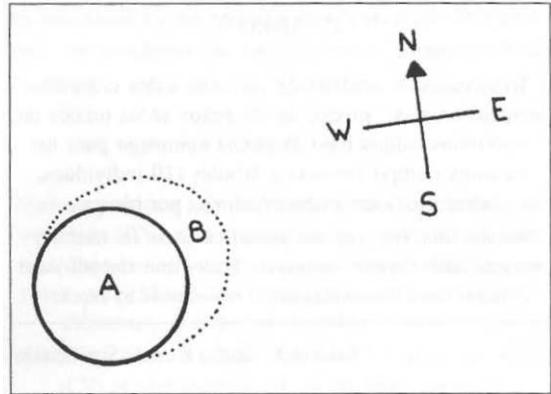


Figura 2. A = área de proyección de copa y B = área de influencia, para *Prosopis tamarugo*.
A = Projection area under the canopy of *P. tamarugo*.
B = Influence area.

Se estimó también el área de influencia para los 10 árboles estudiados, los datos aparecen en la columna B del cuadro 3. Podemos observar que son áreas entre 185.7 m² y 378.9 m² con una media de 277 m².

Con las cifras medias de ambos tipos de área podemos estimar que el área de proyección de copa es el 52.16% del área de influencia.

En el caso preciso de estimar la materia orgánica que llega por m² de suelo, la cantidad total producida por árbol que se dio anteriormente debería repartirse en el área de influencia, lo que sería la situación real; además habría que descontar, como un primer factor, el área ocupada por los troncos, área que no participa en la redistribución. Esta área de troncos se estimó también mediante mediciones directas en terreno en los 10 árboles en estudio y entregó un promedio de 0.79 m² (s= 0.49); realizando esta corrección, el área media de influencia bajó a $\bar{X} = 268.18$ m² por árbol.

Un segundo factor de error que sería necesario descontar sería el área ocupada por grandes piedras o masas salinas emergentes, sobre las cuales no se retiene materia orgánica y que por lo tanto no participa en la redistribución; esta situación es muy corriente en el terreno de trabajo y puede llegar a constituir un área importante que habría que tomar en cuenta y descontar, cuando interese estimar la cantidad real de materia orgánica recibida por m² de suelo. En una estimación somera de este factor se observó que podría tratarse de cifras entre 20 y 25% del área de influencia.

Esta elevada cifra en el terreno en que se trabajó es debida a que la plantación principal de

tamarugos fue hecha sobre el salar de "Pintados" y persiste el terreno muy irregular con abundantes placas salinas sobresalientes.

En todo caso, en el interés de reconstruir el esquema general del ciclo de materiales, es necesario precisar para esta plantación sobre salar que el ciclo se encuentra cortado, ya que no hay reincorporación al "suelo". Esto no lo permiten las gruesas placas salinas, encontrándose así un tipo de ecosistema muy especial.

La estructura del sustrato produce sin embargo una situación funcional muy heterogénea, ya que en las fisuras y grietas que existen entre placas se produce retención de material de manera puntual.

También dentro del esquema general es importante considerar el rol que juegan las ramas bajas, típicas del *habitus* normal del tamarugo. Aunque no se estudió este punto, nos parece una buena hipótesis proponer que este hábito tenga importancia en la fijación de una capa de aire, que queda unida al sustrato y que tendría dos consecuencias de mucha trascendencia para la planta:

a) Como mecanismo de retención del material orgánico caído dentro del área de copa. A diferencia de lo que ocurre en áreas sin ramas bajas, este material no es barrido por el viento y eventualmente puede incorporarse al suelo en lugares arenosos o ser, a su vez, factor determinante de una mejor fijación de la capa de aire.

b) Como sistema que reduce la evaporación de la zona de distribución de las raíces superficiales, manteniendo una presión parcial de vapor de agua más elevada que en las zonas de circulación de aire libre, además de una temperatura más baja por el mismo aire que funciona como aislante.

Ambos factores propuestos son susceptibles de ser verificados mediante diseños apropiados en futuros trabajos.

2. Cantidad de agua contenida en las muestras.

La cantidad de agua en el material de las bandejas fue estimada por la diferencia de peso entre el material recogido (peso húmedo), y después de secado en estufa (peso seco); con estos valores en gramos de agua, así como en porcentaje de agua sobre el peso seco interesó determinar si presentan diferencias promedio reales o azarosas, según los factores "tiempo" (o meses y árbol individual).

Para determinar esto se realizaron dos análisis de varianza independientes, a dos criterios, modelo mixto. Los resultados se presentan en el cuadro 4.

CUADRO 4

Resultados de análisis de varianza a dos criterios modelo cruzado, mixto para las variables peso agua, en gramos y % de agua sobre peso seco.

Factor fijo = meses; factor aleatorio = 10 árboles, con 3 observaciones por bloque.

Results of two way analysis of variance, for the variables A) weight of water, in grams. B) % water in relation to dry weight. Fixed factor = months; random factor = 10 trees. 3 replications by block.

A) Agua en gramos	Valor F	Grados libertad	Significación
Factor meses	6.73	12 y 108	p < 0.001
Factor árboles	7.15	9 y 260	p < 0.001
Interacción	1.81	108 y 260	p < 0.001
B) % agua/peso seco			
Factor meses	10.23	12 y 108	p < 0.001
Factor árboles	2.84	9 y 260	p < 0.01
Interacción	1.51	108 y 260	p < 0.01

En ambos análisis se observa que los F para las variables en estudio acusan diferencia significativa. En forma global, entonces, las medias varían según el factor meses, también para el factor árboles, factores que no serían independientes dada la significación alcanzada por la interacción.

En el cuadro 5 se muestran los valores medios mensuales de agua por muestra, en gramos, su coeficiente de variación y el porcentaje de agua sobre el peso seco (30 muestras por mes).

Como en el caso de gramos de materia orgánica y con el mismo interés, se realizó aquí también, para el factor fijo (meses), la prueba de comparación múltiple de medias, con los datos de porcentaje de agua sobre el peso seco, que son los más relevantes. Los resultados muestran dos grupos de 10 medias, para los cuales no se puede rechazar la hipótesis H_0 de igualdad, quedando como diferentes de ellas sólo otras dos que son mucho más elevadas, correspondientes a los meses de diciembre 1991 y mayo 1992 (subrayados en el cuadro 5). Estas dos medias son significativamente diferentes tanto de todo el resto como entre sí, siendo mayor la de diciembre 1991.

Como observación general se puede ver, como se espera en un ambiente desértico, que las cantidades de agua contenidas en el material orgánico caído y que permanece en el ambiente son extre-

CUADRO 5

Medias mensuales de gramos de agua por muestra, su coeficiente de variación y porcentaje de agua sobre el peso seco (30 muestras por mes).

Means of water content (g) in samples, standard deviation (CV) and % of water in relation to dry weight (30 samples each month).

		\bar{X} , g agua por muestra	CV	% agua/peso seco por muestra
Julio	1991	0.50	0.25	16.63
Agosto	1991	0.87	0.36	12.83
Septiembre	1991	1.33	1.41	12.85
Octubre	1991	0.82	0.61	18.14
Noviembre	1991	1.67	1.19	13.78
Diciembre	1991	2.09	5.21	<u>45.83</u>
Enero	1992	1.21	0.82	10.81
Febrero	1992	1.10	1.46	9.70
Marzo	1992	0.69	0.35	12.45
Abril	1992	0.47	0.28	13.70
Mayo	1992	0.95	0.31	<u>30.74</u>
Junio	1992	0.25	0.16	8.25
Julio	1992	0.43	0.19	10.49

(Se subrayan las medias significativamente diferentes)

madamente bajas (0.25 a 2.09 g de agua por muestra mensual). Los porcentajes de agua sobre el peso seco varían entre 8.25 y 18.14% en la mayoría de los meses (variación no significativa), con 30.74% y 45.83% en los dos meses significativamente mayores; estos dos últimos valores modales no corresponden en el tiempo con los valores modales de caída de materiales orgánicos y su causa más probable son las climáticas (neblinas, precipitaciones).

En todo caso, el contenido muy bajo de agua en períodos largos es un índice de que los procesos de descomposición orgánica evolucionan muy lentamente, lo que se verifica fácilmente en el terreno, en donde se puede apreciar material no descompuesto y estructurado aun en las partes más profundas de la capa de mantillo. Al menos en la plantación en el salar donde se trabajó no se observa un horizonte A₀ de fermentación definido.

3. *Detalle del material recogido en bandejas, bajo Prosopis tamarugo.* Los materiales totales recogidos por mes desde el conjunto de bandejas, después de ser pesados, se guardaron en bolsas etiquetadas; todo este material heterogéneo se separó posteriormente

en fracciones, para su estudio detallado; se distinguieron las siguientes fracciones;

A) Frutos inmaduros, abortivos o dañados; generalmente de color gris verdoso, sanos o con evidencia de ataque de insectos. Su tamaño varía entre 6 mm y 15 mm de largo; diámetro 1 a 5 mm.

B) Frutos normales, largo en general, mayor de 15 mm, enteros, amarillos, diámetro mayor al menos 5 mm.

C) Raquis de inflorescencias e infrutescencias, en general largo mayor de 5 cm y diámetro 1 a 1.5 mm.

D) Botones cerrados, algunos pocos con pistilo emergente.

E) Flores abiertas, sin germinar, presentan todo el pistilo, pero la mayoría ha perdido parcial o totalmente los estambres.

F) Hojas, corresponden a los folíolos de las hojas compuestas de tamarugo.

G) Raquis de hojas compuestas, se encuentran sin folíolos; 2 a 3 cm de largo, 0.5 mm de diámetro.

H) Material mezclado, corresponde a una fracción heterogénea de trozos pequeños, que incluye pedazos de hojas, botones y flores, especialmente estambres, junto a abundantes fecas de insectos y otros invertebrados; también se presentan trozos y restos de insectos, tales como élitros, patas, exuvias, etc., incluye pocos pedacitos de sal.

I) Ramitas grandes, incluye pedacitos de rama estructurados de tamaño mayor de 1 cm.

J) Arena, por colado del material se obtuvo arena fina y gruesa.

En el cuadro 6 se entrega el detalle de la cantidad de cada una de las fracciones recogidas por mes, expresado como gramos/m², bajo copa. Se pueden realizar las siguientes observaciones:

- Los frutos inmaduros y dañados caen en pequeña cantidad (0.5-2 g/m²) durante todo el ciclo anual, pero en noviembre y diciembre aumentan notablemente, precediendo los meses de caída de frutos normales.
- La caída de frutos normales en gran cantidad se observó circunscrita a los meses de enero, febrero y marzo, con un máximo en febrero (67.3 g/m²); en los meses previos no se observó ninguna caída y en los meses posteriores sólo en pequeña cantidad (0.27 a 1.8 g/m²).

En el caso de frutos normales, además de registrar el peso total, se contó el número de frutos, con lo que se pudo calcular el peso promedio

CUADRO 6

Fraciones del material recogido en bandejas, expresadas como peso seco en g/m²/mes. Estimación de peso promedio de fruto sano por mes (g).

Fractioning of the total material fallen in containers, as dry weight (g/m²/month), and monthly average weight of normal fruits (g).

	1991						1992						
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Frutos inmaduros	0.89	1.21	1.65	0.57	7.84	17.10	1.30	0.48	0.62	0.78	0.80	2.03	1.44
Frutos normales-	-	-	-	-	0.20	0.66	23.23	67.30	20.49	1.79	0.93	0.27	1.10
Raquis													
inflorescencias	0.35	1.02	0.81	0.76	4.55	3.99	3.93	2.44	3.12	1.21	0.67	1.24	0.48
Botones	0.78	1.96	1.56	1.17	19.32	4.08	0.87	0.29	3.28	0.12	0.11	0.26	0.33
Flores	0.11	0.09	0.09	14.01	28.63	1.74	0.46	0.13	0.14	0.06	0.08	0.26	0.28
Raquis de													
grupos de hojas	5.02	12.76	19.08	17.35	3.37	1.04	1.12	0.78	1.90	2.34	3.36	4.13	4.68
Hojas	15.12	44.08	76.99	18.98	11.72	4.15	6.77	3.40	14.45	22.18	20.49	12.43	16.59
Mezclado	3.57	2.27	1.41	6.30	29.37	9.91	16.56	3.10	4.12	2.48	2.97	3.52	7.21
Ramitas grandes	-	-	-	0.53	0.96	-	1.43	0.89	0.29	-	0.41	0.86	0.76
Arena	2.56	2.04	3.12	2.48	11.02	4.64	5.50	1.21	4.14	3.64	3.22	2.38	6.91
Total	28.40	65.43	104.71	62.15	116.98	47.31	61.17	80.02	52.55	34.6	33.04	27.38	39.78

Peso \bar{X} frutos, g. - - - - 0.69 0.56 0.63 0.63 0.61 0.44 0.53 0.46 0.75
 \bar{X} total 0.59, s = 0.1

de los frutos para cada uno de los 9 meses en que cayeron (cuadro 6, última línea); las cifras son sorprendentemente parecidas todos los meses tanto en los de caída intensiva como en el resto, variando sólo entre 0.44 y 0.75 g (\bar{X} = (0.59, s = 0.1); sin embargo, los dos promedios menores (0.44, 0.46) corresponden a abril y junio, es decir, meses posteriores a la caída principal; por otra parte, julio 1992, que está en las mismas condiciones, presenta el valor más alto (0.75 g).

- Los raquis de inflorescencias e infrutescencias también caen en pequeña cantidad durante todo el año, pero presentan un período de cifras mayores entre noviembre y marzo, con el valor modal en noviembre (4.6 g/m²).
- La caída de botones de flores se registró durante todo el ciclo de observaciones, con un solo máximo neto en el mes de noviembre, coincidiendo con el comienzo de la floración principal; se puede atribuir la caída de botones a la acción de insectos, pero también podrá deberse a la competencia por el espacio en el raquis, que desencadenan los primeros frutos que empiezan a desarrollarse, explicaciones que son válidas también para la caída de frutos inmaduros.

La caída de flores abiertas se observó en pequeño volumen durante todo el ciclo anual, pero presenta una subida notable en abundancia en el mes de octubre, para alcanzar un máximo en noviembre (24.5 g/m²), luego baja mucho en diciembre marcando el fin de la floración principal.

Al igual que la caída de botones y frutos inmaduros, la caída de flores puede atribuirse a las actividades de insectos y a competencia por el espacio en el raquis.

Los folíolos de las hojas compuestas registran valores importantes durante todo el ciclo (3.40 a 77 g/m²), a excepción de los meses entre diciembre y febrero, en que son visiblemente más bajos (4.2-10 g/m²); estos meses coinciden con las caídas mayores de botones, flores y frutos inmaduros y normales.

Los raquis de hojas compuestas presentan una distribución de caída semejante a la de los folíolos, con un período de bajas cifras más largo, entre noviembre 1991 y abril 1992. En cantidad, los valores son siempre más bajos que aquellos de los folíolos. Tomando en conjunto raquis y folíolos, se observa que los valores mayores son en meses de invierno y otoño, disminuyendo en cantidad simultáneamente con el

auge de botones, flores y frutos, que son los más abundantes, entre noviembre 1991 y marzo 1992.

- La fracción que hemos descrito más arriba como materiales mezclados está presente en las muestras durante todo el ciclo anual con cifras que constituyen entre el 2.5 y 6.3% del total de materiales caídos, salvo en noviembre, diciembre y enero, en que sube para conformar el 10 al 29% del total (% apoyados en las cifras del cuadro 6).
- La fracción de ramitas cae sólo en pequeñas cantidades y en forma irregular (valores entre 0.29 y 1.43 g/m²); estas observaciones parecen indicar sólo pérdidas azarasas (viento) y no procesos regulares, como p.ej. insectos "serradores" u otros fenómenos.
- La cantidad de arena es constante todo el año con valores entre 3 y 10.5 g/m²; en febrero se observa un valor especialmente bajo y en julio 1992 un valor especialmente alto. La cantidad de arena muy probablemente es función solamente del arrastre por el viento, siendo un indicador de ese factor directamente o por intercepción en las ramas seguida de caída. Hacemos notar que la entrada de arena por simple paso desde el borde de las bandejas se hace difícil, ya que éste se encuentra a 15 cm del suelo.

En todo caso la arena presente es un factor a tomar en cuenta para corregir los pesos totales de materia caída, de manera de referirse sólo a materiales orgánicos.

Como observación general, en el período estudiado se distinguió sólo una floración y una caída importante de frutos, en forma anómala no se presentó este año una floración de "devareo" (otoño) bien definida, la que es típica en años normales (Habit, 1985).

La caída constante de flores, aunque en pequeñas cantidades, es evidencia de la presencia de flores abiertas durante todo el año, lo que corresponde a la observación visual durante todo el ciclo.

Con los datos anteriores podemos proponer un análisis, separando todas aquellas estructuras que son propias al sistema de reproducción de la planta, tales como los totales de frutos normales, frutos inmaduros, raquis de inflorescencias, botones florales y flores. El conjunto de estas estructuras, representadas por sus pesos secos, por árbol y por mes o año, puede proponerse como un estimador del Esfuerzo Reproductivo Total de los tamarugos (en adelante ERT), (fig. 3).

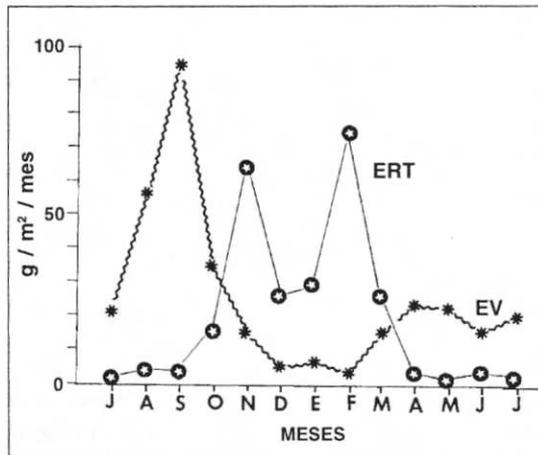


Figura 3. Esfuerzo reproductivo total (ERT) y Esfuerzo Vegetativo (EV) durante un ciclo anual en *Prosopis tamarugo* (explicación en el texto). Líneas que unen puntos, sólo como guía visual.

Total reproductive effort (ERT) and vegetative effort (EV) in an annual cycle for *P. tamarugo* (see text). The lines between points only as visual guides.

El segundo caso es una fracción del primero, comprende sólo el total de frutos maduros normales y se propone como un estimador del Esfuerzo de Frutación Efectivo (en adelante EFE).

Para una planta en general proponemos que la máxima eficiencia se encontrará cuando EFE tiende a ser igual a ERT (EFE → ERT).

Por el contrario, en ambientes difíciles, sea por factores climáticos, como en el caso del tamarugo, o por factores bióticos (fuerte competencia, parasitismo, predación) se puede producir por selección el hecho de que el ERT tenga que ser muy grande para poder proveer un EFE que asegure la mantención de la especie, esto sin referirnos aún al resto del proceso, desde semilla hasta el nacimiento e implantación efectiva de un renoval, que por ahora no incluimos en la discusión.

Con los datos de que disponemos, de producción neta en peso seco de las diferentes fracciones, podemos calcular que para el ciclo anual en tamarugo EFE constituyó el 45.00% de ERT. Es indudable y de hecho reconocido para especies de *Prosopis* (Solbrig y Cantino, 1975) las cifras energéticas elevadas gastadas en producción de botones y flores, las que pudieran parecer un exceso, que es interpretado como mecanismos de atracción de polinizadores. En todo caso, incluyendo o no esa interpretación funcional, el esfuerzo ener-

gético suplementario (55%) es considerable. Esta proporción entre ERT y EFE constituye una variable que sería un índice de la población de la especie, propia a su equilibrio con el ambiente; sería interesante comparar con otras poblaciones de tamarugo o con otras especies de *Prosopis* en condiciones menos exigentes, en que el valor de la proporción tienda a 1, que sería el caso teórico límite.

Para evaluar en general las magnitudes encontradas en tamarugos, dentro del contexto de otros tipos de bosque o plantaciones de otras especies, podemos comparar, por ejemplo, con los datos del trabajo clásico de Bray y Gorham (1964), quienes recopilaron información sobre caída de materiales totales de 237 casos de bosques naturales o plantaciones muy variadas; así, convirtiendo nuestras cifras totales a las unidades allí utilizadas, encontramos que en nuestro caso el promedio de caída de material total, suponiendo un bosque teórico de tamarugos con 100% de cobertura de copas de 6.79 t/ha/año es netamente superior a las medias para las agrupaciones de "bosques Alpinos y Articos" ($\bar{X} = 1.0$ t/ha/año) y también para los "bosques temperados fríos" ($\bar{X} = 3.4$ t/ha/año). Los valores encontrados en este trabajo para *P. tamarugo* se sitúan bien dentro de aquellos para los "bosques temperados cálidos" ($\bar{X} = 5.0$, rango 2.4 a 8.1 t/ha/año) y, como se observa, quedan cerca del extremo superior de su rango.

No dudamos en calificar, entonces, la cantidad total de materia orgánica caída de *P. tamarugo*, en el caso teórico señalado, como elevada, ya que se puede situar aún dentro del rango de los "bosques ecuatoriales" ($\bar{X} = 10.2$, rango 5.5 a 15.3 ton/ha/año) bosques con cobertura de copas cercanas a 100%. En el caso de plantaciones de *P. tamarugo*, el mayor distanciamiento entre árboles es compensado por mayores diámetros de copa, de modo que la cobertura total parece ser constante (Elgueta y Calderón, 1971) y, a juzgar por el gráfico 2 de los autores citados, tiende en general a cifras cercanas a 100% a medida que aumenta la edad de los árboles; sin embargo, las cifras de superficie cubierta por las copas, calculadas para diversas distancias entre árboles, alcanza con la edad, en todos los casos, valores cercanos al 80% de cobertura (cuadro 2, Elgueta y Calderón, 1971). De este modo una estimación general más realista de producción total por ha, basada en nuestros datos, se puede hacer tomando esta última proposición de cobertura, que corresponde también a las observa-

das en nuestro caso, con lo que la cifra comentada anteriormente baja a 5.57 t/ha/año, continuando válidas, en general, las observaciones de comparación entregadas más arriba.

En forma más particular, podemos comparar nuestras cifras con las de Elgueta y Calderón (1971), quienes trabajaron en la misma especie y en el mismo lugar; estos autores realizaron mediciones en un ciclo anual distinguiendo sólo dos fracciones que son la producción de frutos y lo que llaman producción de "hojas", encontrando que son función de la edad del árbol y del distanciamiento entre éstos; concluyen que la producción tiende a estabilizarse a partir de los 30 años. Los mismos datos han sido expuestos también por CORFO (1983), Habit *et al.* (1981) y Habit (1985).

En nuestros datos, con árboles de aproximadamente 56 años, tanto la producción de hojas como de frutos son netamente inferiores (materia total 100.6 kg/árbol, ver 1), acusando o una baja de producción con la edad o bien un ciclo anual especialmente desfavorable.

Sin embargo, esto apoya la afirmación anterior de una elevada cantidad total de caída de materia orgánica desde *P. tamarugo*, ya que en edades o períodos más favorables, como los citados por Elgueta y Calderón (1971), muestran valores del mismo orden que los citados para el rubro de "bosques ecuatoriales" en los datos de Bray y Gorham (1964).

Otra diferencia con los datos de Elgueta y Calderón (1971) es en cuanto al período de caída de frutos, que estos autores especifican desde fines de febrero hasta abril y que nosotros encontramos entre enero y marzo.

No se hallaron trabajos con un estudio de tipos de fraccionamiento analítico detallado de los materiales recogidos, tal como el que aquí presentamos.

En forma diferente y complementaria al conjunto de fracciones que conforman el esfuerzo de reproducción total, ya comentado, están las fracciones de hojas y raquis de hojas, que proponemos pueden considerarse como estimadoras del Esfuerzo Vegetativo (EV), básico para la fotosíntesis y por lo tanto para el crecimiento y sobrevivencia general de los tamarugos; de nuestros datos al respecto (cuadro 6) se puede apreciar en forma indirecta su importancia cuantitativa en árboles adultos, siendo índices de las tasas de recambio de estos elementos durante el ciclo anual. De hecho, el EV total calculado para 12 meses es de 324.14

g/m²/año; o sea el 78.8% de la cifra anterior. La proporción ERT/EV puede ser sugerida también como un índice del esfuerzo invertido por árboles maduros en sus aspectos reproductivos, en relación al aspecto vegetativo, de valor en este caso de 0.8. Se concibe que este índice podrá variar no sólo entre diferentes especies, sino que en diferentes edades y períodos fenológicos, e incluso en diferentes individuos de una misma especie. Obviamente EV, tal como es definido aquí, no toma en cuenta el resto de la productividad neta, tal como raíces, tronco y ramas, que en árboles maduros asumimos como estable o bien medible por otros métodos adecuados a ese fin.

Como ejemplo de variación fenológica podemos utilizar un análisis de ERT y EV con los datos del cuadro 6.

Los totales mensuales de ambas variables así como del índice ERT/EV aparecen en el cuadro 7.

En general se pueden observar valores altos de EV cuando ERT es bajo y al contrario, al período de altos ERT corresponden valores bajos de EV; se observa claramente definido un período de valores mayores de ERT desde noviembre 1991 hasta marzo 1992, lo que es corolario de la floración principal y caída de frutos. El resto del ciclo en general presenta valores bajos; por otra parte, además de la citada tendencia, EV presenta una clara estacionalidad propia, con un máximo en los meses de agosto y septiembre.

Es obvio que por tratarse de mediciones de caída de material al suelo, el esfuerzo energético propiamente tal es realizado por los tamarugos con anterioridad, en momentos que se pueden precisar desde los datos de la fenología floral, frutal o foliar (Villaseñor *et al.*, en preparación). Respecto al índice ERT/EV, desde que es superior a 1 está

señalando períodos en que la productividad de partes reproductivas domina sobre la de aquellas de las partes que hemos señalado como de esfuerzo vegetativo (noviembre 1991 a marzo 1992); en el resto de los meses el índice muestra valores bastante homogéneos, todos menores de 1.

CONCLUSIONES

En un ciclo anual de mediciones de caída de materiales desde la copa de *Prosopis tamarugo* se encuentra que :

1. Las medias mensuales y el factor individuo-árbol son significativamente diferentes y dependientes; son mayores las medias del grupo septiembre-noviembre-enero y febrero, siendo menores todas las otras del ciclo.
2. Se estimaron áreas de caída de materiales orgánicos bajo tamarugos, como el área de proyección de copa ($\bar{X} = 144.5 \text{ m}^2$) y el área de influencia ($\bar{X} = 237.04 \text{ m}^2$), siendo la primera, en promedio, el 52.16% de la segunda.
3. La cantidad de agua contenida en las muestras también varía significativamente en el tiempo y entre árboles, no siendo independientes ambos factores; se encuentran dos valores significativamente más altos y diferentes entre sí en diciembre 1991 y en mayo 1992.
4. Se pudieron separar 10 diferentes fracciones a partir de los materiales caídos y se entrega el promedio mensual estimado para cada una. Entre las 10 fracciones un grupo tiene particular interés por tener participación en la reproducción y se la define como Esfuerzo Reproductivo Total, grupo formado por frutos normales, frutos inmaduros, raquis de inflorescencias, botones flo-

CUADRO 7

Valores totales mensuales de Esfuerzo Reproductivo Total (ERT) y de Esfuerzo Vegetativo (EV) en un ciclo anual de *Prosopis tamarugo* en g/m²/mes. Explicación en el texto.

Total reproduction effort (ERT) and vegetative effort (EV) along an annual cycle in *Prosopis tamarugo*, in g/m²/month. (See text for explanation).

Meses	1991					1992							
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
ERT	2.13	4.28	4.11	16.51	60.54	27.57	29.79	70.64	27.65	3.96	2.59	4.06	3.63
EV	20.14	56.84	96.07	36.33	15.09	5.19	7.89	4.18	16.35	24.52	23.85	16.56	21.27
ERT/EV	0.11	0.08	0.04	0.45	4.01	5.31	3.78	16.90	1.69	0.16	0.11	0.25	0.17

rales y flores; se distingue del Esfuerzo de Reproducción Efectivo (total de frutos normales) que se encontró ser el 45% del primer grupo.

Se define el Esfuerzo Vegetativo como el conjunto de otras estructuras no reproductivas (hojas, raquis de hojas, ramitas), que en 12 meses fue de 323.01 g/m²/año, variando según los meses.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todo el personal de CONAF que colaboró con nosotros y apoyó el desarrollo de este trabajo; en particular al Sr. Ernesto Núñez por la asesoría en el muestreo y el cuidado de nuestro material en terreno.

Especiales agradecimientos dedicamos al Ing. Héctor Vargas y colaboradores, de la Universidad de Tarapacá, por el apoyo logístico y la cálida acogida en sus instalaciones en terreno.

Nuestros más sinceros agradecimientos a Ignacio Mellado, por su ayuda técnica eficiente y de

calidad, que contribuyó ciertamente a una mejor calidad de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BRAY, J.R., E. GORHAM. 1964. "Litter production in forests of the world", *Adv. in Ecological Research* 2:101-157.
- CORFO. 1983. *Actividades forestales y ganaderas en la Pampa del Tamarugal. 1963-83. Tomo I. Aspectos generales y forestales.*
- DAGNELIE, P. 1970. *Théorie et Méthodes Statistiques.* Edit. Duculot, Gembloux, Belgique.
- ELGUETA, H., S. CALDERON. 1971. Estudio del tamarugo como productor de alimento del ganado lanar en la Pampa del Tamarugal. Informe Técnico N° 38, Instituto Forestal de Santiago (Chile), 33 pp.
- HABIT, M., D. CONTRERAS, R. GONZALEZ. 1981. *Prosopis tamarugo, arbusto forrajero para zonas áridas.* Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal N° 25, 143 pp.
- HABIT, M. 1985. *Estado actual del conocimiento sobre Prosopis tamarugo.* Universidad de Tarapacá, CONAF. Publicación FAO. Santiago (Chile), 483 pp.
- SOKAL, R., J. ROHLF. 1969. *Biometry.* Edit. Freeman & Co., San Francisco.
- SOLBRIG, O.T., Ph. CANTINO. 1975. "Reproductive adaptations in *Prosopis (Leguminosae, Mimosoideae)*", *J. of the Arnold Arboretum* 56 (2): 185-210.

Recibido: 30.08.93

FE DE ERRATAS Revista Bosque 14(2): 37-55, 1993.

PROPOSICION DE ZONAS DE CRECIMIENTO DE RENOVALES DE ROBLE (*Nothofagus obliqua*) Y RAULI (*Nothofagus alpina*) EN SU RANGO DE DISTRIBUCION NATURAL

Proposition of growth zones for roble (*Nothofagus obliqua*) and Raulí (*Nothofagus alpina*) along their natural distribution rank

Página 42, Cuadro 3, Columna 8 de DAP, desde la fila de Manzano hasta la fila de Promedio se deben corregir las cifras.

	DICE	DEBE DECIR		DICE	DEBE DECIR
Manzano	18,74	19,02	Pumillahue	17,83	14,59
Pangui	16,75	13,38	Raulintal	14,61	17,08
Casas Viejas	14,66	13,29	Las Trancas	11,18	11,71
Nueva Etruria	17,88	18,14	Nilahue	13,31	14,70
Hac. Castilla	16,40	20,69	Puyehue	14,90	13,95
Neltume	15,74	17,32	Santa Elena	21,16	36,22
Pilmaiquén	13,75	11,92	Fresia	16,05	10,37
Riñihue	18,53	23,43			
Dollinco	17,01	18,40	Promedio	14,93	15,32

Recibido: 11.08.95