

# INTERFERENCIA INTRAESPECIFICA DE *ATRIPLEX* *REPANDA* EN EL SECANO MEDITERRANEO DE CHILE

Juan M. Gastó C.<sup>1</sup>

Eugenio Caviedes de la R.<sup>2</sup>

## ABSTRACT

### INTRASPECIFIC INTERFERENCE OF *ATRIPLEX* *REPANDA* UNDER THE MEDITERRANEAN DRYLAND CONDITIONS OF CHILE

The productivity of *Atriplex repanda* Phil. plants established under dryland conditions with several densities was determined at La Rinconada Experiment Range Station, University of Chile, in Maipu.

Individual productivity was highest at intermediate densities. Maximum population yield was obtained at highest densities; individually, however, it was attained by the smallest shrubs.

## INTRODUCCION

*Atriplex repanda* Phil. es un arbusto nativo del Norte Chico de Chile, de la región comprendida entre Petorca y Vallenar (GASTÓ y CONTRERAS, 1972), el cual en el pasado fue de amplia distribución (OPASO, 1939). Debido a su sobreutilización por el ganado, las poblaciones naturales se han visto ampliamente reducidas, encontrándose en la actualidad sólo algunos ejemplares aislados en lugares muy definidos.

Recepción de originales: 8 de junio de 1976.

<sup>1</sup>Ing. Agr., PhD., Prof. de Ecología y de Manejos de Pastizales, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile. Casilla 1004. Santiago.

<sup>2</sup>Ing. Agr., M.Sc., Prof. de Manejo de Pastizales, Fac. de Agronomía, Univ. de Chile. Casilla 1004. Santiago.

Durante la última década, la Estación Experimental Agronómica de la Universidad de Chile ha estado estudiando la posibilidad de introducir algunos arbustos forrajeros como una fuente de suministro de forraje para el ganado (GASTÓ y CONTRERAS, 1972), los cuales se caracterizan por poseer un alto contenido proteico (GOODIN y MCKELL, 1970 y CHATTERTON y GOODIN, 1971) además de otros nutrientes (KOLLER y TADNOR, 1958). Otras características atractivas de los arbustos del género *Atriplex* son su palatabilidad (CORDIER, 1947; SARSON, 1970, y LEHOUEOU, 1971), su tolerancia a niveles altos de salinidad (CHATTERTON, MCKELL y GARCÍA, 1970) y su capacidad de absorber humedad por el tejido foliar (ARENTSEN, 1972).

El modelo original en el cual se ha basado el estudio es el ecosistema natural que existe en la región mediterránea del centro de Chile. Este ecosistema presenta varias estratas de vegetación, entre las cuales predominan la de nanofanerofitas y la de terofitas. Además, existen otras de microfanerofitas, camefitas y hemicriptofitas, todas ellas descritas en el trabajo referido en el párrafo anterior (OLIVARES y GASTÓ, 1971).

La construcción de un ecosistema idealizado, en el cual se conjuguen las mejores características estructurales, funcionales y dinámicas del ecosistema natural, ha sido uno de los objetivos principales perseguidos durante varios años en la Facultad de Agronomía. Este ecosistema idealizado podrá ser realizado

sólo una vez que se conozcan algunos elementos de su estructura, que permitan regular su funcionamiento. Entre ellos, cabe destacar las necesidades de conocer más a fondo las relaciones de interferencia de los diversos elementos de la fitocenosis (ZÚÑIGA, 1973).

Los estudios de interferencia han sido divididos en tres capítulos principales, los cuales están siendo simultáneamente estudiados y que son: la interferencia intraespecífica, interespecífica e interestrata. El presente estudio se refiere sólo a la primera de ellas. Otros estudios que se realizan simultáneamente se refieren a las otras dos.

Uno de los factores que mayor incidencia tiene en la productividad de la fitocenosis es la densidad de plantas (BLEASDALE y NELDER, 1960; DUNCAN, 1958; ELÍAS y RAMÍREZ, 1973; FARAZDAGHI y HARRIS, 1968; HOLLIDAY, 1960; INIA, 1972; KIRA, OGAWA y SHINOZAKI, 1953; PALMBLAD, 1968 y WILLEY y HEATH, 1969). En el caso de *Atriplex repanda* el problema es más complejo, porque además de la interferencia intraespecífica existen problemas de interferencia entre la estrata de nanofanerofitas con la de terofitas residentes.

El problema de la regulación de la densidad de plantas es sólo la expresión de la regulación de la interferencia intraespecífica. Una vez determinada la densidad óptima es necesario lograr establecer esa densidad regulando la siembra. CRISTI y GASTÓ (1971) indican que esta especie presenta porcentajes muy bajos de germinación, y que los valores son muy irregulares, por lo cual, en algunas circunstancias se logra un buen establecimiento y en otros no. Los mismos autores estudiaron algunas técnicas para elevar el porcentaje de germinación de la semilla. LEIGHTON (1972) estudió la germinación de esta especie y determinó que sus frutos se caracterizan por tener un período de latencia de postcosecha. Aun cuando el problema del establecimiento está lejos de ser resuelto, debe estudiarse el problema de mantención de la densidad óptima; a través de la natalidad y mortalidad natural la densidad puede alterarse considerable-

mente, siendo necesario que, a través del manejo y utilización del pastizal, se regule la óptima densidad de plantas (TRIVELLI, 1973).

Se ha elegido *Atriplex repanda* Phil. como especie tipo, con el objeto de integrar posteriormente los resultados de este estudio con otros que se conducen actualmente. En esta forma, será posible, posteriormente, llegar a integrar en un sistema simulado las relaciones existentes entre los elementos y factores que estructuran un ecosistema y el grado de funcionamiento que se logra obtener con ellos.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Sección Secano de la Hacienda La Rinconada de Maipú, de la Universidad de Chile, en la provincia de Santiago. La precipitación media del lugar es de 275,6 mm y la mediana de 288,6 mm. Los suelos donde se realizó la investigación corresponden a terrenos aluviales de formación reciente, con escaso desarrollo del perfil. Las características más sobresalientes son textura francoarcillosa, gran profundidad, buen drenaje y pendiente inferior al uno por ciento.

La vegetación natural del lugar corresponde a la de matorral. Esta vegetación fue destruida en 1959 y el suelo ocupado por cultivos de cereales y praderas artificiales, para luego ser mantenido como pradera natural.

En el mes de septiembre del año 1969 se establecieron los ejemplares de *Atriplex repanda*. La germinación se hizo en invernadero, tres meses antes del establecimiento en el terreno. Las plántulas fueron luego repicadas a bolsas plásticas, desde donde fueron transplantadas a terreno. Con el objeto de lograr un mejor establecimiento, durante el año de trasplante se dieron tres riegos a las plantas. Algunos ejemplares murieron inicialmente, pero ellos fueron replantados de inmediato.

La distribución de los ejemplares corresponde a círculos concéntricos en un modelo con ocho radios. Un ejemplar se estableció al centro, y desde allí se estableció en cada radio un primer ejemplar a 0,50 m del centro; los

demás se establecieron cada 1,50 m de distancia del anterior, hasta completar un total de 10 individuos por radio, fuera de la planta central (Fig. 1).

siendo cada una de ellas equivalente a una repetición.

Dentro de la repetición están los tratamientos. Se ha supuesto, en este caso, que a cada

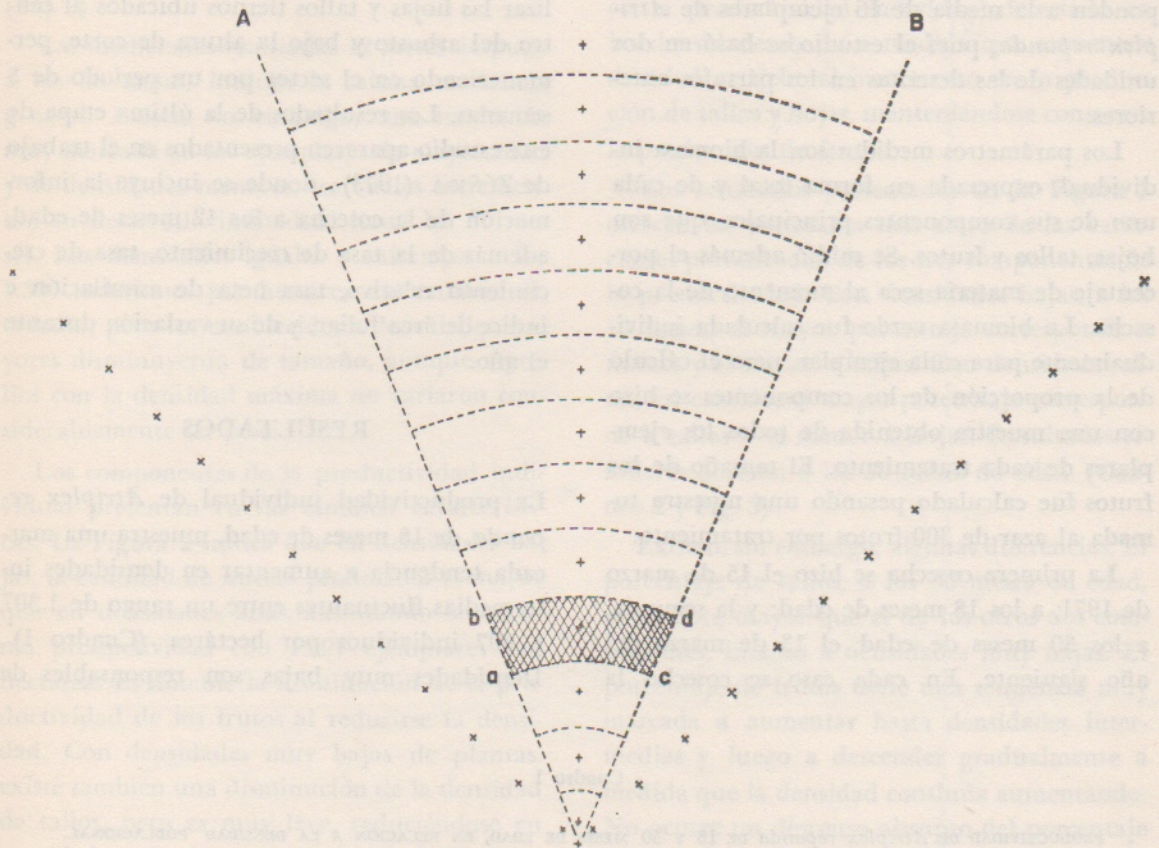


Figura 1. Esquema de la distribución de los ejemplares de *Atriplex repanda* en el terreno, y presentación gráfica del área disponible para cada ejemplar representativo de la densidad respectiva.

La densidad poblacional aumenta a medida que los ejemplares se aproximan al centro del diseño. No se conoce, sin embargo, con precisión el significado exacto, en términos cuantitativos, de cada uno de los tratamientos. En el presente estudio se le ha dado la interpretación que aparece en la Figura 1. A cada rayo le corresponde la bisectriz del ángulo formado entre el rayo analizado y el contiguo. Esta primera hipótesis parece bien fundamentada y significa que el círculo está dividido en ocho parcelas de cuarenta y cinco grados cada una,

ejemplar le corresponde un área limitada a sus dos costados laterales por el segmento respectivo de la bisectriz y, a los otros dos lados por el segmento del círculo trazado a la distancia intermedia entre el ejemplar y cada uno de los ejemplares adyacentes. La densidad que representa cada tratamiento ha sido calculada en esta forma.

La menor densidad corresponde a los ejemplares ubicados al extremo exterior del rayo. Teóricamente, la densidad de estos ejemplares es muy baja y corresponde a plantas que dis-

ponen de un espacio ilimitado. Se les ha denominado sin competencia, aunque realmente no corresponde con exactitud a ello, puesto que el ejemplar más próximo hacia el centro del círculo está situado a sólo 1,5 m. Los valores calculados para cada tratamiento corresponden a la media de 16 ejemplares de *Atriplex repanda*, pues el estudio se basó en dos unidades de las descritas en los párrafos anteriores.

Los parámetros medidos son la biomasa individual, expresada en forma total y de cada uno de sus componentes principales, que son hojas, tallos y frutos. Se midió además el porcentaje de materia seca al momento de la cosecha. La biomasa verde fue calculada individualmente para cada ejemplar, pero el cálculo de la proporción de los componentes se hizo con una muestra obtenida de todos los ejemplares de cada tratamiento. El tamaño de los frutos fue calculado pesando una muestra tomada al azar de 300 frutos por tratamiento.

La primera cosecha se hizo el 15 de marzo de 1971, a los 18 meses de edad; y la segunda, a los 30 meses de edad, el 13 de marzo del año siguiente. En cada caso se cosechó la

biomasa producida en las ramas cuyos diámetros no fueron superiores a, más o menos, 0,80 cm. Ello significó altura de corte equivalente aproximadamente a 15 ó 20 cm. Inmediatamente después de cosechada, a los 18 meses, se introdujo ganado ovino, que terminó de utilizar las hojas y tallos tiernos ubicados al centro del arbusto y bajo la altura de corte, permaneciendo en el sector por un período de 3 semanas. Los resultados de la última etapa de este estudio aparecen presentados en el trabajo de ZÚÑIGA (1973), donde se incluye la información de la cosecha a los 42 meses de edad, además de la tasa de crecimiento, tasa de crecimiento relativo, tasa neta de asimilación e índice de área foliar, y de su variación durante el año.

## RESULTADOS

La productividad individual de *Atriplex repanda*, de 18 meses de edad, muestra una marcada tendencia a aumentar en densidades intermedias fluctuantes entre un rango de 1.307 y 697 individuos por hectárea (Cuadro 1). Densidades muy bajas son responsables de

Cuadro 1

PRODUCTIVIDAD DE *Atriplex repanda* DE 18 Y 30 MESES DE EDAD, EN RELACION A LA DENSIDAD POBLACIONAL.

Densidad poblacional	Peso verde individual		Peso seco individual		Peso seco poblacional		Materia seca		Peso frutos	Nueces	Nueces
	18	30	18	30	18	30	18	30	18	18	18
ind./ha	kg/ind.		kg/ind.		kg/ha		%		mg	Nº/ind. 10 <sup>3</sup>	Nº/ha 10 <sup>3</sup>
18518	0,73	0,40	0,42	0,43	7730	7777	57	58	2,624	0,42	8,00
4237	2,21	1,58	1,22	0,90	5156	3812	57	58	2,865	2,02	7,04
2427	3,04	2,62	1,54	1,37	3745	3324	51	53	2,021	2,82	6,21
1697	3,45	3,83	1,65	1,79	2797	3019	48	47	3,311	3,31	4,34
1307	3,94	5,20	1,82	2,37	2376	3084	46	46	3,401	2,93	3,68
1061	3,79	5,97	1,78	2,65	1889	2821	47	43	3,215	3,08	3,08
893	3,35	5,19	1,59	2,26	1419	2008	47	43	3,300	2,52	2,16
772	3,66	5,29	1,68	2,33	1296	1798	46	44	3,322	2,26	1,85
697	3,37	5,33	1,76	2,33	1198	1576	52	44	3,367	2,71	1,78
Sin competencia	2,66	4,89	1,29	2,04	1,29*	2,04*	48	40	3,663	1,49	1,03

\*Estos valores son estimativos, asumiéndose una densidad teórica de un ejemplar por hectárea.

una disminución leve en la productividad individual. No ocurre lo mismo a densidades más altas, donde el peso individual disminuye abruptamente a partir de densidades de 1.697 individuos por hectárea hasta la máxima estudiada de 18.518 individuos por hectárea (Fig. 2).

Las mediciones realizadas 12 meses después, a los 30 meses, indican la misma tendencia general. Existe, sin embargo, una tendencia muy marcada en los ejemplares de mayor edad y de densidades menores, los cuales incrementan su desarrollo individual hasta los 30 meses. Las densidades iguales o inferiores a los 1.307 individuos por hectárea aumentaron de tamaño, pero los establecidos a densidades mayores disminuyeron de tamaño, aunque aquellos con la densidad máxima no variaron considerablemente de peso.

Los componentes de la productividad individual presentan curvas también características. La Figura 2 indica que en densidades bajas, la cantidad de nueces producidas es mayor que en densidades altas, alcanzando la máxima productividad con 1.697 ejemplares por hectárea. Es notable la disminución de la productividad de los frutos al reducirse la densidad. Con densidades muy bajas de plantas, existe también una disminución de la densidad de tallos, pero es muy leve, reduciéndose en cantidad gradualmente al bajar de 4.237 ejemplares por hectárea. A densidades muy altas también ocurre una disminución en la cantidad de tallos producidos, llegando a ser sólo levemente inferior a la cantidad producida con la densidad más baja.

El Cuadro 2 muestra también la disminución gradual de hojas desde densidades muy bajas a muy altas. Al igual que en los casos anteriores existe también una notable disminución en la densidad mínima.

La tendencia general de la productividad de los tres componentes principales se mantiene similar a los 18 meses de edad en las plantas más maduras, de 30 meses. Hay, sin embargo, algunas diferencias notables, entre ellas cabe mencionar la cantidad de tallos por planta,

que es mayor que los otros dos componentes de la productividad. En las densidades bajas sobrepasa levemente a la cantidad de frutos y hojas, pero en las densidades altas la biomasa de tallos es proporcionalmente mayor que la de los otros tres componentes. El incremento en la productividad individual detectado en las densidades bajas a medida que aumentan de edad, se debe al incremento en la producción de tallos y hojas, manteniéndose constante la producción de frutos.

Los resultados presentados en la Figura 3 ofrecen un panorama más claro de las variaciones porcentuales de los tres componentes de la productividad. Con densidades bajas, a los 18 meses, el mayor porcentaje corresponde a nueces y el menor a tallos. Con densidades altas, en cambio, el mayor porcentaje corresponde a tallos y el menor a hojas. Resultados similares ocurren a los 30 meses de edad (Cuadro 2 y Fig. 3).

Existen, sin embargo, algunas diferencias. El porcentaje de tallos, a los 30 meses de edad, es siempre mayor que el de los otros dos componentes, incluso a densidades muy bajas. El porcentaje de frutos tiene una tendencia muy marcada a aumentar hasta densidades intermedias y luego a descender gradualmente a medida que la densidad continúa aumentando. No ocurre un descenso abrupto del porcentaje de frutos al pasar de densidades bajas a intermedias, tal como ocurre a los 18 meses de edad. El porcentaje de hojas tiende a descender gradualmente a medida que aumenta la densidad, y luego, en densidades más altas el porcentaje se mantiene.

La productividad poblacional de *Atriplex repanda* de 18 meses de edad, muestra una marcada tendencia a aumentar a medida que se incrementa la densidad de las plantas. La productividad es mínima a densidades muy bajas y aumenta abruptamente a medida que la densidad aumenta. El aumento de la biomasa producida por unidad de área es aproximadamente rectilíneo en su fase inicial o bien sigue levemente una curva típica de incrementos decrecientes.

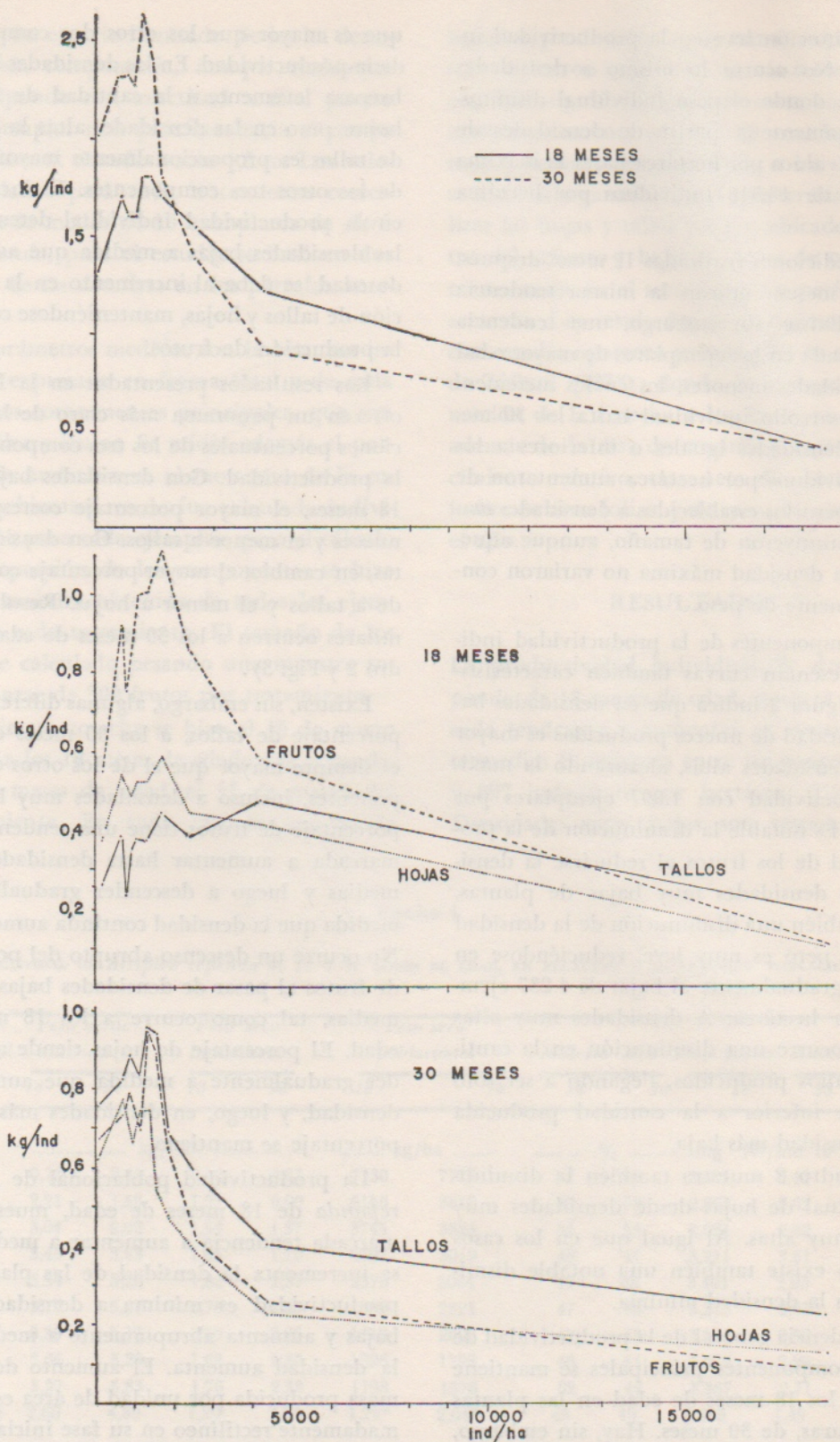


Figura 2. Productividad total individual de *Atriplex repanda* en relación a la densidad poblacional (gráfico superior) y componentes de la productividad a los 18 y 30 meses (gráficos medio e inferior, respectivamente).

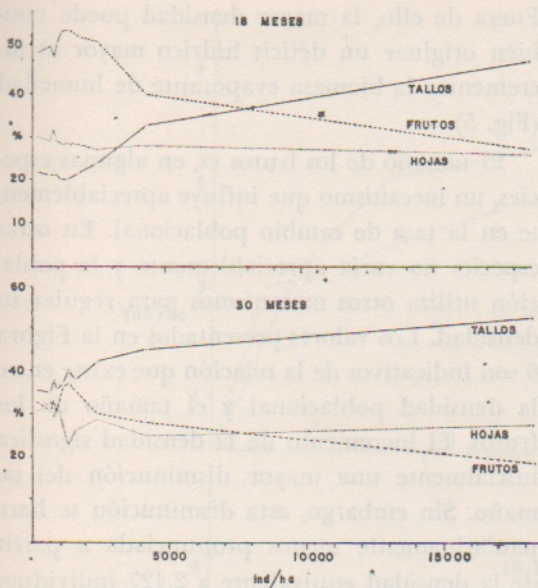


Figura 3. Componentes de la productividad individual de *Atriplex repanda* expresado en porcentaje del peso total a los 18 y 30 meses de edad (gráficos superior e inferior, respectivamente).

La densidad de 1.697 es ya indicativa de una mayor competencia intraespecífica, motivo por el cual el incremento comienza a disminuir levemente, aunque la productividad total sea mayor. La mayor reducción de la productividad individual ocurre entre las densidades de 4.237 individuos por hectárea y los 18.518 individuos por hectárea. La máxima productividad total se produce con las densidades más altas estudiadas.

Las mediciones de la productividad de los mismos ejemplares, al alcanzar la edad de 30 meses, muestran algunos resultados coincidentes con los de los organismos más jóvenes. La tendencia general de la curva permanece constante. La máxima productividad total se alcanza con la máxima densidad estudiada, pero las otras densidades altas, aunque no tan altas como la anterior, de 4.237 ind./ha y de 2.247 ind./ha, disminuyeron su productividad. La pri-

Cuadro 2

COMPONENTES DE LA PRODUCTIVIDAD DE *Atriplex repanda* DE 18 Y 30 MESES DE EDAD EN RELACION A LA DENSIDAD POBLACIONAL

Densidad poblacional	Peso seco individual			Peso seco poblacional (en ha)			Proporción peso seco		
	tallos	hojas	nueces	tallos	hojas	nueces	tallos	hojas	nueces
ind./ha	kg						%		
18 meses de edad									
18518	0,193	0,105	0,111	3649	1977	2102	47,2	25,6	27,2
4237	0,470	0,408	0,578	1646	1484	2019	31,7	28,8	39,2
2427	0,388	0,440	0,852	861	818	1877	24,2	23,0	52,8
1697	0,442	0,579	1,095	573	786	1436	20,5	24,9	51,4
1307	0,371	0,519	0,998	467	653	1253	19,7	27,5	52,8
1061	0,375	0,519	0,991	377	520	990	20,0	27,6	52,5
893	0,338	0,481	0,831	290	414	713	20,5	29,2	50,3
772	0,329	0,499	0,752	271	408	617	20,9	31,5	47,6
679	0,382	0,532	0,914	249	349	598	20,8	29,2	50,0
Sin competencia	0,262	0,373	0,546	0,262	0,373	0,546	21,5	30,3	48,3
30 meses de edad									
18518	0,22	0,12	0,08	4074	2222	1481	52,1	28,6	19,2
4237	0,41	0,23	0,26	1737	974	1101	45,5	25,3	28,6
2427	0,58	0,38	0,41	1407	922	995	42,1	27,8	30,0
1697	0,68	0,47	0,63	1153	797	1069	38,2	26,5	35,2
1307	0,94	0,54	0,88	1228	706	1150	39,9	22,9	37,1
1061	0,97	0,74	0,95	1029	785	1007	36,6	27,9	35,9
893	0,82	0,74	0,69	732	660	616	36,3	32,9	30,7
772	0,88	0,67	0,78	679	517	602	37,8	28,7	33,5
679	0,82	0,77	0,73	557	523	496	35,3	33,0	31,5
Sin competencia	0,75	0,62	0,67	0,75	0,62	0,67	36,7	30,3	32,9

mera de ellas bajó considerablemente, pero la otra sólo lo hizo levemente. Las densidades más bajas aumentaron su productividad poblacional; pero este incremento fue sólo leve en relación al considerable aumento de tamaño de los ejemplares, de lo cual se desprende que el incremento de tamaño en comparación de las mayores disponibilidades de espacio no es suficiente para mantener constante la productividad de la bioma. Es necesario incrementar la densidad hasta niveles más altos (Fig. 4, Cuadro 1).

Los componentes de la productividad se afectan al modificarse las densidades de plantas (Cuadro 2). Los resultados del estudio indican que con densidades bajas existe una alta proporción de nueces. La productividad poblacional de nueces aumenta a medida que aumenta la densidad de plantas, aunque al incrementar las densidades a valores muy altos, la productividad logra finalmente estabilizarse.

La productividad de hojas aumenta también en las densidades bajas, aunque en forma menos pronunciada que la de frutos. Sin embargo, entre 4.237 individuos por hectárea y 18.518 individuos por hectárea, la productividad total continúa aumentando. El componente tallo reacciona, en general, de manera diferente que los otros dos. La primera parte de la curva es muy similar a la de hojas, pero la última parte se diferencia de la anterior en que continúa aumentando pronunciadamente. Esta es la causa por la cual la productividad total de biomasa continúa incrementándose, a pesar de que ello significa de por sí, un empeoramiento de la calidad de la cosecha (Fig. 4).

El contenido de materia seca al momento de la cosecha depende de muchos factores, además de la época misma del año cuando se haga la cosecha. Las curvas obtenidas al cosechar ejemplares de 18 y de 30 meses de edad son de forma semejante, aunque no aparecen superpuestas. El porcentaje de materia seca de la planta aumenta al aumentar la densidad. Ello puede relacionarse, al menos en forma parcial, con el incremento en la proporción de tallos.

Fuera de ello, la mayor densidad puede también originar un déficit hídrico mayor al incrementar la biomasa evaporante de humedad (Fig. 5).

El tamaño de los frutos es, en algunas especies, un mecanismo que influye apreciablemente en la tasa de cambio poblacional. En otras especies no varía apreciablemente y la población utiliza otros mecanismos para regular su densidad. Los valores presentados en la Figura 6 son indicativos de la relación que existe entre la densidad poblacional y el tamaño de los frutos. El incremento de la densidad significa inicialmente una mayor disminución del tamaño. Sin embargo, esta disminución se hace paulatinamente menos pronunciada a partir de la densidad equivalente a 2.427 individuos por hectárea. La relación entre la productividad individual y poblacional de frutos se señala en la Figura 7.

Los ejemplares de *Atriplex repanda* de mayor tamaño presentan productividades poblacionales más bajas que los de menor tamaño (Fig. 8). La máxima productividad corresponde a los ejemplares más pequeños, ya que corresponden a una mayor densidad de plantas por unidad de superficie. El máximo poblacional corresponde aproximadamente a lo indicado en la figura citada.

Los resultados del estudio indican que el tamaño individual se reduce a medida que aumenta la densidad de población. En este caso, una reducción del tamaño viene simultáneamente acompañada de un incremento de la productividad poblacional. En el caso contrario, cuando la reducción del tamaño corresponde a una reducción muy alta de la densidad, se produce una baja en la productividad poblacional de biomasa. Los valores calculados para los ejemplares de 18 meses de edad, se ajustan también a la misma tendencia que los de 30 meses (Fig. 9).

## DISCUSION

Los ejemplares ubicados más alejados del centro del diseño corresponden a densidades más

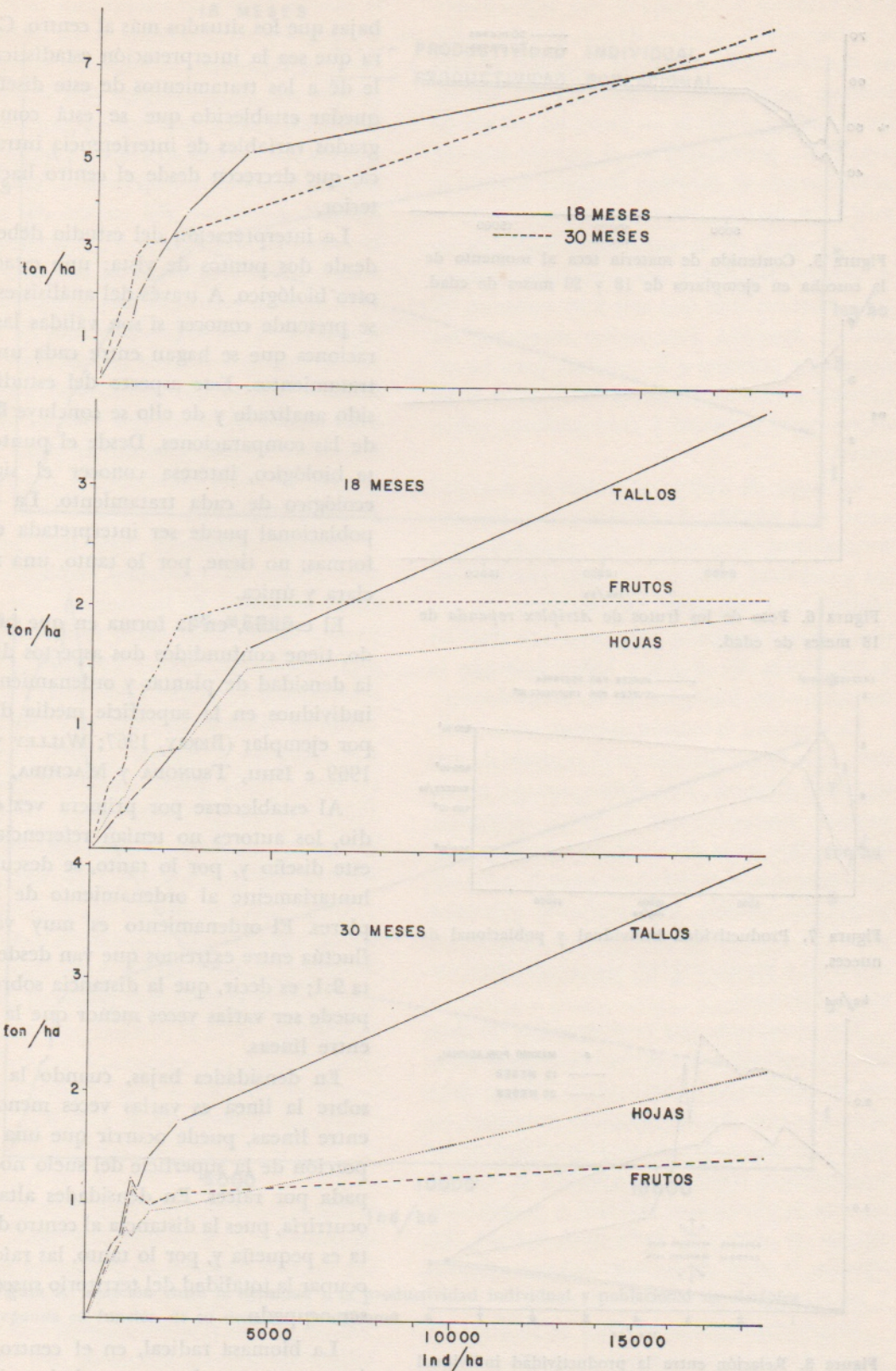


Figura 4. Productividad poblacional de *Atriplex repanda* de 18 y 30 meses de edad (gráfico superior) y componentes de la productividad a los 18 y 30 meses (gráficos medio e inferior, respectivamente).

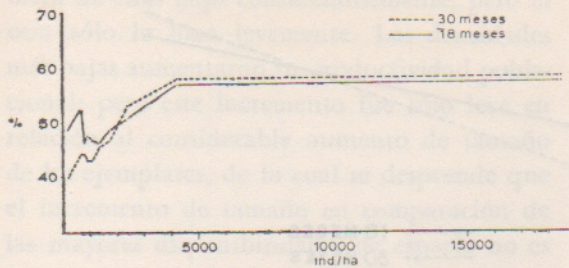


Figura 5. Contenido de materia seca al momento de la cosecha en ejemplares de 18 y 30 meses de edad.

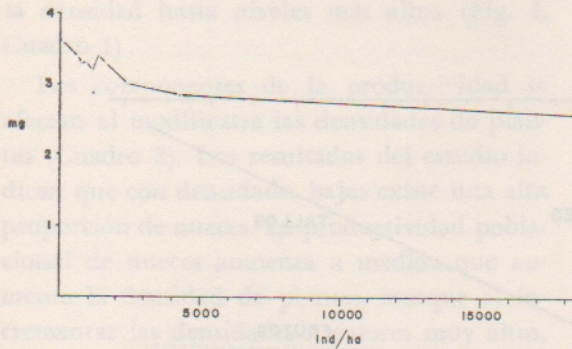


Figura 6. Peso de los frutos de *Atriplex repanda* de 18 meses de edad.

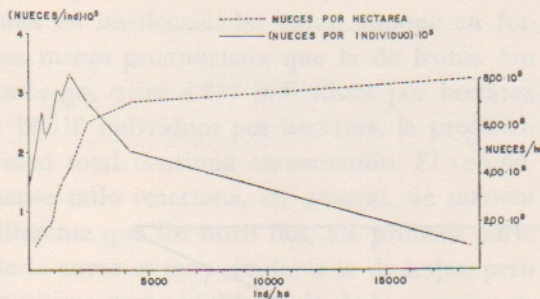


Figura 7. Productividad individual y poblacional de nueces.

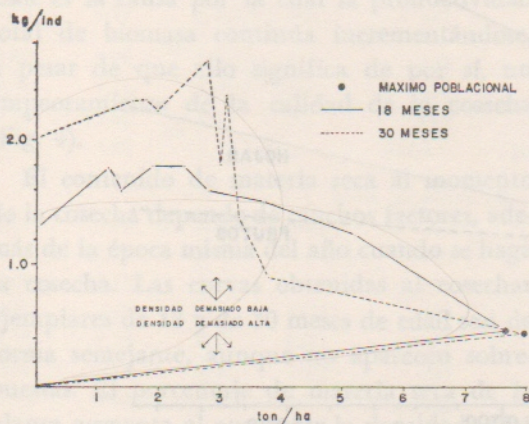


Figura 8. Relación entre la productividad individual y poblacional de *Atriplex repanda* de 18 y 30 meses de edad.

bajas que los situados más al centro. Cualquiera que sea la interpretación estadística que se le dé a los tratamientos de este diseño, debe quedar establecido que se está comparando grados variables de interferencia intraespecífica, que decrecen desde el centro hacia el exterior.

La interpretación del estudio debe hacerse desde dos puntos de vista: uno estadístico y otro biológico. A través del análisis estadístico se pretende conocer si son válidas las comparaciones que se hagan entre cada uno de los tratamientos. Este aspecto del estudio ya ha sido analizado y de ello se concluye la validez de las comparaciones. Desde el punto de vista biológico, interesa conocer el significado ecológico de cada tratamiento. La densidad poblacional puede ser interpretada en varias formas; no tiene, por lo tanto, una respuesta clara y única.

El estudio, en la forma en que fue diseñado, tiene confundidos dos aspectos diferentes: la densidad de plantas y ordenamiento de los individuos en la superficie media disponible por ejemplar (BERRY, 1967; WILLEY y HEATH, 1969 e ISHII, TSUNODA y MACHIDA, 1972).

Al establecerse por primera vez este estudio, los autores no tenían referencia aún de este diseño y, por lo tanto, se descuidó involuntariamente al ordenamiento de los ejemplares. El ordenamiento es muy variable y fluctúa entre extremos que van desde 1:1, hasta 9:1; es decir, que la distancia sobre la línea puede ser varias veces menor que la distancia entre líneas.

En densidades bajas, cuando la distancia sobre la línea es varias veces menor que la entre líneas, puede ocurrir que una alta proporción de la superficie del suelo no esté ocupada por raíces. En densidades altas esto no ocurriría, pues la distancia al centro de la planta es pequeña y, por lo tanto, las raíces logran ocupar la totalidad del territorio susceptible de ser ocupado.

La biomasa radical, en el centro del área inter rayos, puede ser muy baja o incluso estar desocupado. Ello es posible que ocurra en

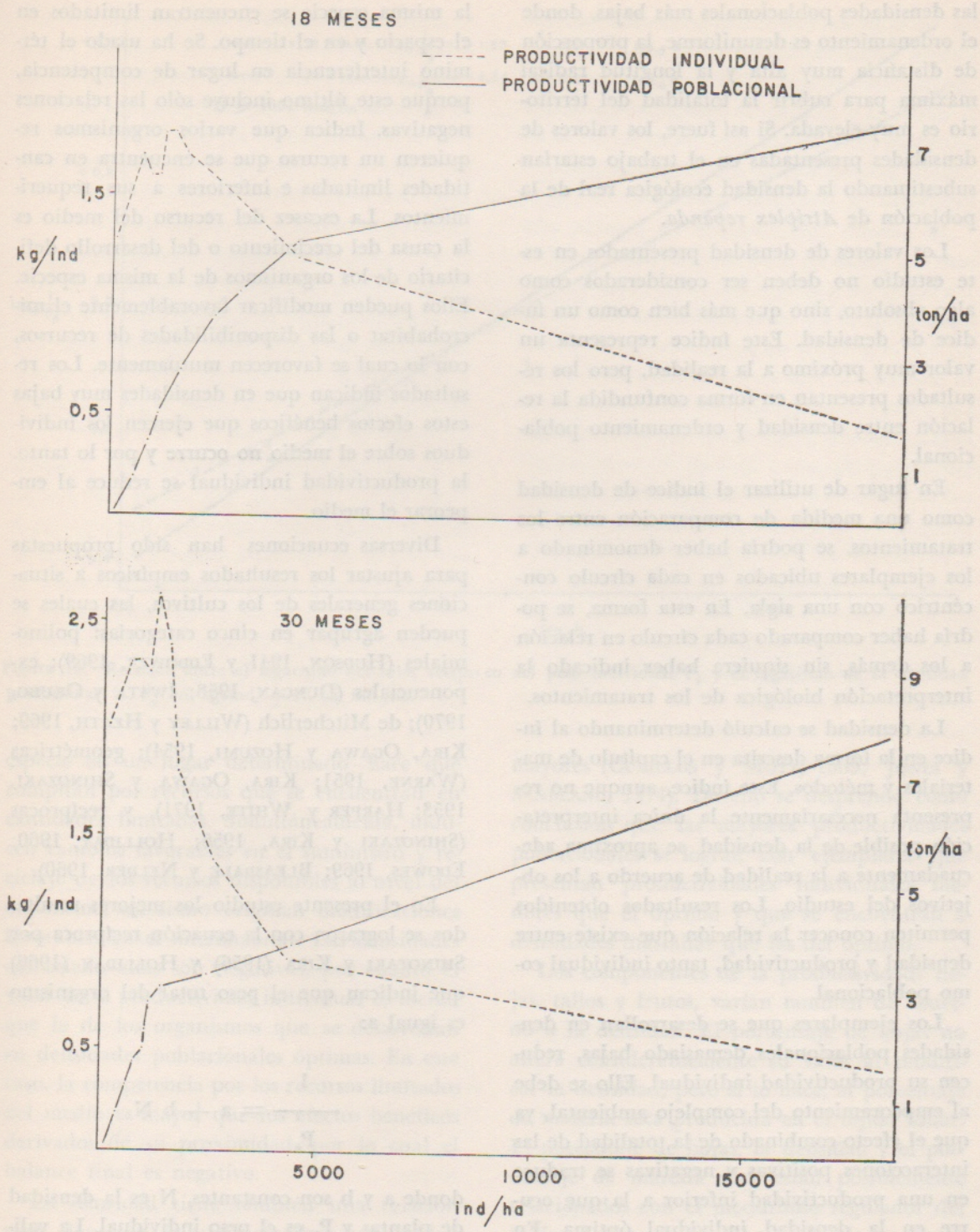


Figura 9. Relación entre la densidad y la productividad individual y poblacional de *Atriplex repanda* en función de su densidad poblacional.

las densidades poblacionales más bajas, donde el ordenamiento es desuniforme, la proporción de distancia muy alta y la longitud radical máxima para cubrir la totalidad del territorio es muy elevada. Si así fuere, los valores de densidades presentadas en el trabajo estarían subestimando la densidad ecológica real de la población de *Atriplex repanda*.

Los valores de densidad presentados en este estudio no deben ser considerados como algo absoluto, sino que más bien como un índice de densidad. Este índice representa un valor muy próximo a la realidad, pero los resultados presentan en forma confundida la relación entre densidad y ordenamiento poblacional.

En lugar de utilizar el índice de densidad como una medida de comparación entre los tratamientos, se podría haber denominado a los ejemplares ubicados en cada círculo concéntrico con una sigla. En esta forma, se podría haber comparado cada círculo en relación a los demás, sin siquiera haber indicado la interpretación biológica de los tratamientos.

La densidad se calculó determinando al índice en la forma descrita en el capítulo de materiales y métodos. Este índice, aunque no representa necesariamente la única interpretación posible de la densidad se aproxima adecuadamente a la realidad de acuerdo a los objetivos del estudio. Los resultados obtenidos permiten conocer la relación que existe entre densidad y productividad, tanto individual como poblacional.

Los ejemplares que se desarrollan en densidades poblacionales demasiado bajas, reducen su productividad individual. Ello se debe al empeoramiento del complejo ambiental, ya que el efecto combinado de la totalidad de las interacciones positivas y negativas se traduce en una productividad inferior a la que ocurre en la densidad individual óptima. En aquella, la suma de las interacciones positivas y negativas tiene su máximo valor.

Interferencia intraespecífica es la suma de las relaciones positivas y negativas que ocurren simultáneamente cada vez que organismos de

la misma especie se encuentran limitados en el espacio y en el tiempo. Se ha usado el término interferencia en lugar de competencia, porque este último incluye sólo las relaciones negativas. Indica que varios organismos requieren un recurso que se encuentra en cantidades limitadas e inferiores a sus requerimientos. La escasez del recurso del medio es la causa del crecimiento o del desarrollo deficitario de los organismos de la misma especie. Ellos pueden modificar favorablemente el microhabitat o las disponibilidades de recursos, con lo cual se favorecen mutuamente. Los resultados indican que en densidades muy bajas estos efectos benéficos que ejercen los individuos sobre el medio **no ocurre** y por lo tanto, la productividad individual se reduce al empeorar el medio.

Diversas ecuaciones han sido propuestas para ajustar los resultados empíricos a situaciones generales de los cultivos, las cuales se pueden agrupar en cinco categorías: polinomiales (HUDSON, 1941 y EDDOWER, 1969); exponenciales (DUNCAN, 1958; IWATA y OKUBO, 1970); de Mitcherlich (WILLEY y HEATH, 1969; KIRA, OGAWA y HOZUMI, 1954); geométricas (WARNE, 1951; KIRA, OGAWA y SHINOZAKI, 1953; HARPER y WHITE, 1971), y recíprocas (SHINOZAKI y KIRA, 1956; HOLLIDAY, 1960; EDOWES, 1969; BLEASDALE y NELDER, 1960).

En el presente estudio los mejores resultados se lograron con la ecuación recíproca por SHINOZAKI y KIRA (1956) y HOLLIDAY (1960) que indican que el peso total del organismo es igual a:

$$\frac{1}{P_p} = a + bN$$

donde a y b son constantes, N es la densidad de plantas y  $P_p$  es el peso individual. La validez de esta ecuación se demuestra si el logaritmo de  $1/P_p$  y el de la densidad N demuestran tener una relación rectilínea al representarlo gráficamente (Fig. 10).

La proximidad de ejemplares de la misma

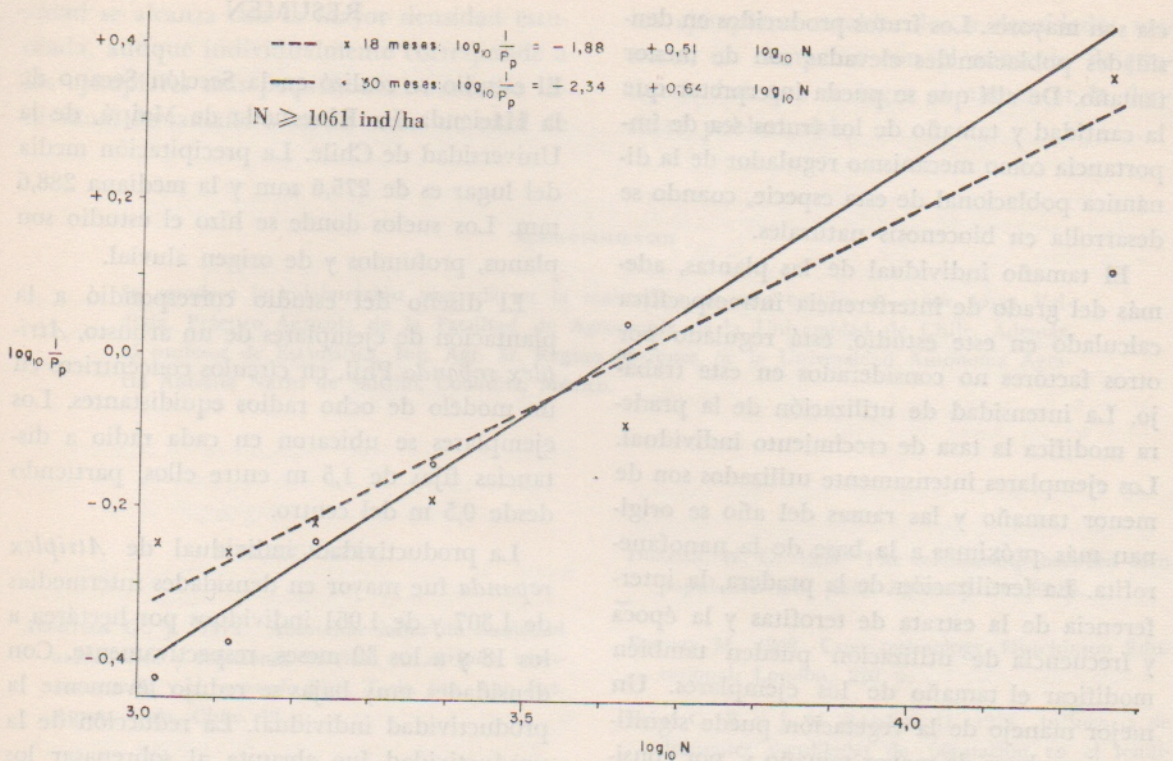


Figura 10. Relación entre el logaritmo del valor recíproco del peso individual  $P_p$  y el logaritmo de la densidad poblacional  $N$ .  $P_p$  en kg/ind, y  $N$  en ind./ha.

especie en un lugar determinado, hace que compitan por recursos que se encuentran en cantidades limitadas. Simultáneamente, inducen cambios favorables en el suministro y reciclaje de los recursos disponibles al nivel del organismo, asimismo originan modificaciones favorables en el microhabitat. Las densidades demasiado altas son negativas, por cuanto el valor de la productividad individual es menor que la de los organismos que se desarrollan en densidades poblacionales óptimas. En este caso, la competencia por los recursos limitados del medio es mayor que los efectos benéficos derivados de su proximidad, por lo cual el balance final es negativo.

La densidad tiene también una relación muy clara con la productividad por unidad de superficie. La máxima productividad poblacional se obtiene a densidades más altas que a la que se logra el máximo desarrollo individual. Ello es común a todas las poblaciones, incluso en las de animales domésticos

mayores (CUBILLOS y MOTT, 1969; JONES y SANDLAND, 1974). De ello se desprende como conclusión que las mayores productividades poblacionales se logran con ejemplares que presentan productividades individuales menores que el óptimo y que se encuentran a densidades más altas que las del óptimo.

Los componentes de la productividad: hojas, tallos y frutos, varían también de acuerdo a la densidad. El porcentaje de hojas no altera considerablemente su valor al modificar la densidad, pero sí lo hace, al porcentaje de materia seca producida en el tejido foliar. El porcentaje de hojas, la densidad y el porcentaje de materia seca están posiblemente relacionados con el mecanismo regulador del índice de área foliar. El tamaño de los frutos se incrementa en densidades bajas, mientras que el porcentaje de frutos es mayor en densidades medias. En general, los frutos de mayor tamaño producen plántulas más vigorosas, por lo cual las probabilidades de sobrevivien-

cia son mayores. Los frutos producidos en densidades poblacionales elevadas son de menor tamaño. De allí que se pueda interpretar que la cantidad y tamaño de los frutos sea de importancia como mecanismo regulador de la dinámica poblacional de esta especie, cuando se desarrolla en biocenosis naturales.

El tamaño individual de las plantas, además del grado de interferencia intraespecífica calculado en este estudio, está regulado por otros factores no considerados en este trabajo. La intensidad de utilización de la pradera modifica la tasa de crecimiento individual. Los ejemplares intensamente utilizados son de menor tamaño y las ramas del año se originan más próximas a la base de la nanofanerofita. La fertilización de la pradera, la interferencia de la estrata de terofitas y la época y frecuencia de utilización pueden también modificar el tamaño de los ejemplares. Un mejor manejo de la vegetación puede significar ejemplares de mayor tamaño y, por consiguiente, la densidad óptima sería menor. El afinamiento del cálculo de la densidad óptima debe, por lo tanto, hacerse una vez que se conozca el manejo adecuado de la especie en su medio. Los otros estudios que se conducen sobre la especie proporcionarán finalmente la información adicional requerida.

Entre todos los factores reguladores de la productividad estudiados, la mayor incidencia corresponde a la densidad poblacional. El estudio clarifica la información disponible sobre la interferencia intraespecífica y permite conocer las variaciones en la productividad de biomasa individual y poblacional. Los resultados también aclaran la tendencia general de variabilidad de los componentes de la productividad a medida que la densidad aumenta o disminuye.

La tendencia general de los resultados puede ser la base para interpretar el comportamiento de otros cultivos, frutales y praderas, cuando se trate de especializar la producción en hojas, frutos o tallos; o bien, cuando al interés principal sea producir una alta cantidad de biomasa total.

## RESUMEN

El estudio se realizó en la Sección Secano de la Hacienda La Rinconada de Maipú, de la Universidad de Chile. La precipitación media del lugar es de 275,6 mm y la mediana 288,6 mm. Los suelos donde se hizo el estudio son planos, profundos y de origen aluvial.

El diseño del estudio correspondió a la plantación de ejemplares de un arbusto, *Atriplex repanda* Phil. en círculos concéntricos en un modelo de ocho radios equidistantes. Los ejemplares se ubicaron en cada radio a distancias fijas de 1,5 m entre ellos, partiendo desde 0,5 m del centro.

La productividad individual de *Atriplex repanda* fue mayor en densidades intermedias de 1.307 y de 1.061 individuos por hectárea a los 18 y a los 30 meses, respectivamente. Con densidades muy bajas se redujo levemente la productividad individual. La reducción de la productividad fue abrupta al sobrepasar los 1.697 individuos por hectárea, siendo mínima con 18.518 individuos por hectárea. Los ejemplares establecidos en densidades bajas continuaron aumentando de tamaño hasta los 30 meses de edad, mientras que los establecidos en densidades más altas continuaron disminuyendo de tamaño, con excepción del tratamiento de mayor densidad, donde la productividad individual se mantuvo.

En densidades poblacionales bajas, la cantidad de frutos producidos por individuo es mayor que en densidades altas. En densidades muy bajas la productividad individual de frutos disminuyó en relación al óptimo. La proporción de tallos aumenta abruptamente a medida que la densidad se incrementa. La proporción de hojas se mantiene o cambia levemente.

La productividad poblacional aumenta a medida que se incrementa la densidad de plantas, siendo máxima con 18.518 ejemplares por hectárea. El aumento de la productividad es aproximadamente rectilíneo en las densidades bajas y sigue posteriormente una curva de incrementos decrecientes. La máxima producti-

vidad se alcanza con la mayor densidad estudiada, aunque individualmente corresponde a los ejemplares más pequeños. El aumento individual de tamaño a los 30 meses de edad de

los ejemplares establecidos a densidades menores, no compensó con el aumento de productividad que se logra al aumentar la densidad poblacional.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada en la realización de este estudio al señor Jorge Valdivia, Práctico Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Además, al profesor de Estadística, Ing. Agr. Sr. Regino Morones, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Saltillo, Coahuila, México.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARENSEN O., J. 1972. Absorción foliar de humedad atmosférica y relaciones hídricas en *Atriplex semibaccata* R. y *A. repanda* Phil. Tesis. Ing. Agr. Fac. Agron. Univ. Chile. 49 p.
- BERRY, G. 1967. A mathematical model relating plant yield with arrangement for regularly spaced crops. *Biometrics* 23: 505-515.
- BLEASDALE, J. K. y J. A. NELDER. 1960. Plant population and crop yield. *Nature* 198: 342.
- CORDIER, J. 1947. De la composition de quelques produits fourragers tunisiens et de leur valeur dans l'alimentation des moutons. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tun.* 20: 25-108.
- CRISTI, A. A. y GASTÓ, C. J. 1971. Alteraciones ambientales y del fruto en la germinación de *Atriplex repanda*. Univ. Chile Fac. Agron., Est. Exp. Agron. Bol. Téc. 34: 25-40.
- CUBILLOS, G. F. y G. O. MOTT. 1969. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. *Agric. Téc.* 29: 178-184.
- CHATTERTON, N. J. y J. R. GOODIN. 1971. Monthly variation in the chemical composition of desert saltbush seed. *J. Range Manage.* 24: 37-40.
- CHATTERTON, N. J., C. MCKELL y E. GARCÍA. 1970. Absorption of Na, Cl and B by desert saltbush in relation to composition of nutrient solution culture. *Agr. Jour.* 62: 351-352.
- DUNCAN, W. G. 1958. The relationship between corn population and yield. *Agron. J.* 50: 82-84.
- EDOWES, M. 1969. *Crop technology*. Hutchinson Educational. London. 220 p.
- ELÍAS C., E. y J. M. RAMÍREZ D. 1973. Influencia de diferentes densidades de plantación en el rendimiento de naranjo cultivar valencia, en Nuevo León. *Agric. Téc. México* 3: 223-232.
- FARAZDAGHI, H. y P. M. HARRIS. 1968. Plant competition and crop yield. *Nature* 217: 289-290.
- GASTÓ C., J. y D. CONTRERAS T. 1972. Análisis del potencial pratense de fanerofitas y camefitas en regiones mediterráneas de pluvimetría limitada. Univ. Chile Est. Exper. Agr. Bol. Téc. 35: 30-61.
- GOODIN, J. R. y C. M. MCKELL. 1970. *Atriplex* spp. as a potential forage crop in marginal agricultural areas. Univ. Queensland Press. xi Grass. Congress.: 153-162.
- HARPER, J. L. y J. WHITE. 1971. The dynamic of plant populations. En: P. J. den Boer y G. R. Gradwell (ed.). *Proc. Adv. Study Inst. Dyn. Numbers Population*: 41-63. Center for Agric. Publish. Documentation. Wageningen.
- HOLLIDAY, R. 1960. Plant population and crop yield. Part I. *Field Crop Abstracts* 13: 159-167 y 247-254.
- HOLLIDAY, R. 1960. Plant population and crop yield. Part II. *Field Crop Abstracts* 13: 247-254.
- HUDSON, H. G. 1941. Population studies with wheat. 2. Proximity. 3. Seed rates in nursery trials and field plots. *J. Agric. Sci.* 31: 116-144.

- INIA. 1972. Investigación agropecuaria. Inst. Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 446 p.
- ISHII, R., K. TSUNODA y H. MACHIDA. 1972. Studies on the effect of non-uniformity of planting on growth and yield of crops. II. Growth compensation and competition between hills in nonuniform rice population consisting of the hills of different number of seedlings. *Crop Sci. Soc. Japan*. 41: 57-62.
- IWATA, F. y T. OKUBO. 1970. Physiological and ecological studies on corn growth and yield. III. Influence of plant population on growth and yield of corn in relation to variety and soil fertility. *Crop Sci. Soc. Japan*. 39: 97-104.
- JONES, R. J. y R. L. SANDLAND. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. *J. Agric. Sci., Camb.* 83: 335-342.
- KIRA, T., H. OGAWA y K. HOZUMI. 1954. *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.* D5: 1-7.
- KIRA, T., H. OGAWA y N. SHINOZAKI. 1953. Intraspecific competition among higher plants. *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.* D4: 1-16.
- KOLLER, D. y N. TADNOR. 1958. The future potential of shrubs. *Israel J. Agr. Res.* Ktavim 9: 83.
- LE HOUEROU, H. W. 1971. Africa: the mediterranean region. En: Mc Kell, C. M. *et al.* Wildland shrubs. Their biology and utilization. *Internat. Symp. Utah State Univ. Logan, Utah*. 26-36.
- LEIGHTON, S. G. 1972. Siembra y germinación de *Atriplex repanda* Phil. y otras Quenopodiáceas forrajeras en secano mediterráneo y en ambientes controlados. Tesis de Ing. Agrónomo Esc. Agron., Univ. Católica de Valp., Valparaíso, Chile. 69 p.
- OLIVARES E., A. y J. GASTÓ C. 1971. Comunidades de terofitas en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de *Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn. *Univ. Chile. Fac. Agron. Est. Exp. Agr. Bol. Téc.* 34.
- OPASO G., R. 1939. Agricultura. Monografía cultural de las principales plantas agrícolas susceptibles de cultivarse en Chile. *Plantas Forrajeras e Industriales.* Santiago. 943 p.
- PALMBLAD, I. G. 1968. Competition in experimental populations of weeds with emphasis on the regulation of population size. *Ecology* 49: 26-34.
- SARSON, M. 1970. Resultats d'un essai sur l'alimentation du mouton en periode de disetter fourragère au centre d'Ousseltia. *Tech. Note 6. FSNN. Tun* 17. 6 p.
- SHINOZAKI, K. y T. KIRA. 1956. Intraspecific competition among higher plants VII. Logistic theory of the C-D effect. *J. Inst. Polytech., Osaka City Univ.* D7: 35-72.
- TRIVELLI R., A. 1973. Fertilización, época y frecuencia de utilización en la bioma biestratificada de *Atriplex repanda* Phil. y terofitas residentes. Tesis M. S. Dept. Prod. Animal. Sede Santiago-Sur. Univ. Chile. 87 p.
- ZÚÑIGA F., M. 1973. Determinación de curvas de crecimiento en *Atriplex repanda* Phil. en función de la densidad poblacional. *Univ. Católica de Chile, Tesis. Fac. Agronomía.* Santiago. 80 p.