BOLETIN TECNICO Nº 35

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTACION EXPERIMENTAL AGRONOMICA

BIOMA PRATENSE DE LA REGION MEDITERRANEA DE PLUVIOMETRIA LIMITADA

JUAN GASTO C. Y DAVID CONTRERAS T.

ANALISIS DEL POTENCIAL PRATENSE DE FANEROFITAS Y CAMEFITAS EN REGIONES MEDITERRANEAS DE PLUVIOMETRIA LIMITADA

JUAN GASTO C. Y DAVID CONTRERAS T.

JUNIO, 1972

SANTIAGO - CHILE

ANALISIS DEL POTENCIAL PRATENSE DE FANEROFITAS Y CAMEFITAS EN REGIONES MEDITERRANEAS DE PLUVIOMETRIA LIMITADA*

*Juan Gastó C.*** y *David Contreras T.****

INTRODUCCION

La Estación Experimental Agronómica de la Universidad de Chile, inició en el año 1959 un estudio y evaluación de las especies nativas que presentan potencialidad como productoras de alimento para el ganado. Dicho estudio fue concebido a base de la búsqueda y colección de diseminulas de las especies que se desarrollan en las regiones mediterráneas y desérticas de Chile. Simultáneamente, se estudió en jardines de introducción, algunas especies forrajeras provenientes de otras regiones del globo. La mayor parte del material corresponde a especies herbáceas anuales y perennes, analizándose su reacción al medio abiótico como, asimismo, su relación a los elementos vivos. Se ha dado especial importancia a su productividad, época de crecimiento, resistencia a enfermedades y plagas, como también a su persistencia.

La evaluación de los resultados obtenidos durante los primeros tres años indica, en general, mayor productividad de las especies herbáceas exóticas y rendimientos apreciablemente menores en las nativas. Esta fue la razón que indujo a desechar, por algún tiempo el material nativo, pues se pensó que correspondía a especies de menor potencialidad como formadoras de praderas mejoradas. Resultados posteriores, luego del cuarto y quinto años, indican que la primera apreciación no correspondía a la realidad por cuanto la persistencia y la productividad de alguna de estas especies, se mantenía por período muy largo en un nivel superior a la de las exóticas, a pesar de las fluctuaciones climáticas abruptas registradas durante los años de estudio. Todo ello condujo a reevaluar las especies nativas como posible fuente de germoplasma para el mejoramiento de praderas del secano mediterráneo.

Entre las especies nativas estudiadas se dio especial importancia a las herbáceas perennes y se consideraron sólo en forma eventual algunas especies arbustivas conocidas, más bien, por sus características de resistencia a la sequía, que por su valor forrajero. En los años 1963 y 1964 comenzaron a vislumbrarse algunas especies nanofanerófitas que presentaban una alta tasa de crecimiento y productividad. La escasez de información en la literatura científica extranjera hizo considerar con suma cautela estos primeros resultados favorables. Se planificó, entonces, una segunda etapa de investigación pero, esta vez centralizada en las especies arbustivas con valor forrajero, aunque, sin descuidar las especies herbáceas tanto nativas como introducidas. Esta segunda etapa se realizó durante los años 1964, 1965 y parte de 1966. Se multiplicaron, en condiciones de invernadero, las especies más destacadas y luego se estudiaron en terreno bajo una amplia gama de condiciones climáticas y de suelo.

---

* Trabajo presentado al Congreso Internacional de Zonas Aridas y a las Segundas Jornadas Nacionales Interdisciplinarias de Estudio de las Zonas Aridas del Norte de Chile. Arica, Chile, 1971.

** Ingeniero Agrónomo, M. S., PhD., Profesor de Ecología.

*** Ingeniero Agrónomo, M. S. Profesor Producción de Forrajes, Casilla 1004 Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Un período de receso en las investigaciones de arbustos forrajeros se produjo entre mediados de 1966 y comienzos de 1969 por ausencia del profesional encargado. Los estudios se reiniciaron a comienzos del año 1969, intensificándose además en otras localidades.

La mayor concentración de los estudios ha estado en la Sección Secano de la Hacienda La Rinconada de la Universidad de Chile ubicada en la localidad de Maipú. Desde 1969 otras instituciones han manifestado interés en estos estudios y han centralizado su atención hacia ellos. Entre éstas cabe destacar CORFO a través del Centro Demostrativo Corral de Julio y, últimamente, el Servicio Agrícola y Ganadero a través del Departamento de Conservación de Recursos Naturales.

Los estudios de sucesiones vegetales secundarias que existen en el país son escasos. La Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile ha realizado algunos de ellos en sectores excluidos de la acción del ganado y del uso humano por un período de dieciséis años. Sin embargo, en estos estudios, se observa claramente que la vegetación natural tiende a la convergencia en comunidades pluriestratificadas en las cuales destacan seis horizontes característicos: dos de los cuales son de naturaleza arbórea y arbustiva baja constituidos por microfanerófitas pequeñas y nanofanerófitas; uno formado por nanofanerófitas de tamaño medio; un horizonte de hemicriptófitas, uno de geófitas y, finalmente, un horizonte de terófitas constituidas por especies anuales de resiembra y de crecimiento invernal y primaveral.

La convergencia de las asociaciones vegetales que se desarrollan en la zona mediterránea del país en comunidades pluriestratificadas unidas a la adaptación, comportamiento y desarrollo de las especies arbustivas estudiadas condujo, finalmente, a la elaboración de una nueva hipótesis de trabajo cuyos fundamentos se presentan en este artículo. Esta hipótesis forzó a la confección de una nueva estrategia de investigación convergente con los postulados básicos en ella contenidos.

Los antecedentes presentados en los párrafos anteriores son suficientes para justificar las investigaciones que sobre esta materia se realizan y tener sólidos argumentos para pensar que, finalmente, van a significar un marcado aumento de la productividad de las praderas de la región mediterránea. Se suma a la argumentación anterior los resultados obtenidos en otras regiones mediterráneas por otros investigadores durante el último quinquenio donde se expresan resultados muy similares en los cuales, además, se vislumbran grandes perspectivas para el futuro.

METODOLOGIA

Colecciones e Introducciones

La búsqueda de fanerófitas y caméfitas nativas se ha circunscrito principalmente a la región mediterránea comprendida entre las isoyetas de 50 y 500 mm aun cuando a menudo se han considerado áreas con 1.200 mm y aún mayores. Se ha considerado también la región del desierto de Atacama donde la precipitación es menor y la vegetación recibe aportes hídricos de fuentes no pluviales tales como concentración de neblinas y napa subterráneas fluctuantes, frecuentemente de alto contenido salino.

La selección de las especies que presentan aparente aptitud forrajera, se hace utilizando la información local y observaciones visuales de especies que son intensamente utilizadas por el ganado, a menudo, de una aceptabilidad muy alta. Estas especies presentan comúnmente valores relativos de importancia muy bajos ya que, debido a sus características mismas, y a la proporción exigua en que actualmente se encuentran, son intensamente utilizadas por el ganado a niveles superiores al factor de uso adecuado para la especie.

La recolección de diseminulas se concentra, por las razones indicadas en los párrafos anteriores, a lugares protegidos del ganado o menos accesibles donde las especies vegetales más apetecidas alcanzan a completar su ciclo vital. Estas especies son capaces de mantener un nivel de crecimiento compatible con el medio que las rodea y con las fluctuaciones de tipo climático propias del ambiente. Estos lugares corresponden frecuentemente a cortes de camino, sectores protegidos del ga-

nado, accidentes naturales del terreno, vegetación muy lejana de las aguadas, saladeros y otros.

Las especies seleccionadas pueden corresponder florísticamente a grupos muy variados y tener características muy diversas. Durante los últimos años se ha dado especial énfasis a la colección de caméfitas y fanerófitas productoras de follaje que puedan servir como fuente de alimento para el ganado. Todas ellas, en general, se caracterizan por ser leñosas y tener puntos de rebrote sobre la superficie del suelo. Su hábito de crecimiento puede ser postrado o erecto, pero de estatura comúnmente no superior a la altura de ramoneo. Se prefiere, en general, aquellas especies que presenten alta productividad de follaje e infrutescencia u otros elementos vegetales que proporcionen alimento para el ganado. Deben, además, presentar una resistencia moderada a las enfermedades y plagas, como también, buena recuperación al corte o ramoneo. Además, deben presentar un sistema radical fuerte que les permita establecerse bien, sin sufrir daños excesivos al ser utilizadas por el herbívoro. Su crecimiento puede ser estacional y producirse durante aquellos períodos del año en el cual las condiciones ambientales son más favorables. Durante las épocas desfavorables deben tener una actividad metabólica suficientemente baja como para no agotar las reservas de carbohidratos no estructurales que han acumulado en los períodos favorables.

Las especies elegidas deben ser compatibles con diversos ambientes de las zonas áridas y adaptarse a condiciones de desarrollo favorable cuando los factores ambientales no controlables se presentan en su magnitud normal. No ocurre esto con los factores controlables tales como: nivel de fertilidad del suelo, competencia intra e interespecífica, resistencia a la predación y parasitismo, sistemas de utilización y manejo de la pradera, especie animal que utiliza la pradera, época e intensidad de uso, los cuales, si se produce una errada combinación de sus magnitudes de aplicación en la comunidad vegetal, pueden significar a la larga, destrucción y eliminación de la especie, por buena que ésta sea. Por ello, se eligen especies asumiendo que se desarrollarán en ecosistemas pecuarios que deben tener una combinación adecuada en magnitud de cada uno de los factores controlables. El tamaño y hábito de crecimiento de las especies se persigue que sea de la máxima variabilidad, pues en esta forma, se cumplirían los objetivos de disponer del germoplasma necesario para desarrollar comunidades pratenses pluriestratificadas y de alto grado de complejidad.

Los antecedentes históricos de esta región del país unido a conocimientos que se tiene del uso pasado y presente de las comunidades son una muestra evidente que aún existen posibilidades de coleccionar especímenes de valor. La región comprendida entre los ríos Aconcagua y Elqui ofrecen perspectivas muy favorables para la colección de especies arbustivas forrajeras. La diversidad florística de nanofanerófitas es explicable en base al clima y a su ubicación geográfica, pues constituye el límite norte de las glaciaciones pleistocenas y el centro de mayor influencia de especies de origen antártico, antofagasteño y atacameño (Sparre, 1954). El uso presente, sin embargo, está conduciendo a la desertización del país y, con ello, a la extinción de las mejores especies forrajeras nativas, especialmente aquellas que tienen potenciales más altos de producción por desarrollarse en los hábitats edáficos y climáticos más favorables. Es necesario que se tomen las medidas pertinentes, a la brevedad posible, para que se colecten las diseminulas de todas las especies que presenten un potencial más promisorio.

Durante la última década la Estación Experimental Agronómica dependiente de la Universidad de Chile ha introducido y probado bajo condiciones del déficit hídrico característico de la región, más de dos mil especies, variedades y ecotipos de plantas herbáceas provenientes de todas las regiones del globo y que presentan posibilidades de adaptarse. Mucho antes de esto, desde el comienzo de este siglo el Ministerio de Agricultura ha desarrollado, al respecto, una labor incluso más intensa.

Los resultados de este esfuerzo han inducido, finalmente, a la selección de algunas taxas que presentan buenas características en

la producción de forraje entre las que predominan algunas gramíneas y leguminosas perennes y varias especies de anuales. En ambientes favorables, especialmente, durante los primeros años de vida su productividad es alta. Algunas de ellas disminuyen paulatinamente su rendimiento a partir del cuarto o quinto años, pero otras se mantienen por períodos más largos. Sin embargo, los resultados no han sido satisfactorios en el secano del Llano Central, en el secano de la Costa Norte, en la región de las Serranías y en otros ambientes desfavorables.

Las especies que presentan mejores posibilidades de adaptarse y producir en los ambientes donde otras no han tenido éxito son, precisamente, algunas nanofanerófitas y caméfitas provenientes de otras regiones del globo caracterizadas por tener ambientes homólogos a los de la región mediterránea de Chile. Entre las nanofanerófitas destaca, especialmente un arbusto de gran tamaño proveniente de Australia, *Atriplex nummularia* que es la especie que, junto con una nativa, *Atriplex repanda* ofrecen mejores perspectivas para la resiembra de grandes sectores ubicados en la región mediterránea. Otra especie con posibilidades de éxito es *Kochia breviflora*, introducida también del mismo país y región. Entre las caméfitas introducidas *Atriplex semibaccata* sigue ocupando un lugar preponderante en algunas áreas. Otras están aún siendo probadas o han sido recientemente introducidas, pero los antecedentes obtenidos son incompletos.

Estudio de las especies seleccionadas en etapas no adultas

El Programa de Domesticación de especies arbustivas nativas debe contar como elemento básico con un banco de germoplasma. Consiste en una colección de semillas colectadas en diversos lugares de las regiones mediterráneas de pluviometría limitada. Este material debe incluir la máxima variedad de especies, como, asimismo, variedad de ecotipos y ecoclinos. Tisdale (1962) opina que se comete un error al considerar las especies vegetales como poblaciones uniformes, pues, en verdad, están corrientemente constituidas por ecotipos y ecoclinos morfológica y fisiológicamente diferentes. Cada uno de ellos, luego de su cosecha e incorporación al laboratorio recibe un número de registro que en caso de la Facultad de Agronomía se denomina con la sigla CU que significa Colección Universidad, seguida de un número correspondiente a cada partida de material colectado.

En el libro de registro se anota, además, el nombre científico de la especie, colector, fecha, lugar y el hábitat donde la especie se desarrolla en forma natural. Cualquier otra característica relacionada con el ambiente biótico y abiótico que rodea la especie se anota en una columna especial. Esto se hace por el interés para interpretar su comportamiento y el mejor conocimiento del potencial de adaptabilidad.

Actualmente la colección de plantas nativas y naturalizadas de la zona árida y semiárida alcanza a 557 inscripciones en el libro de Registro que se inició en septiembre de 1958. Un porcentaje muy alto de éstas corresponde a nanofanerófitas y caméfitas.

Parte del material registrado en el libro se reproduce en condiciones controladas de invernadero o cámaras de crecimiento con el objeto de obtener el máximo de ejemplares. Estas plántulas cuando alcanzan cierto desarrollo se repican a maceteros o bolsas plásticas y cuando su desarrollo es suficiente para subsistir en el ambiente natural exterior son, finalmente, transplantadas al lugar definitivo. Durante el período de establecimiento se le proporciona al ejemplar el máximo de cuidado, eliminándose la competencia de otras especies de la misma u otras estratas, se le proporcionan los elementos fertilizantes y el agua que necesitan para establecerse satisfactoriamente. Durante esta etapa lo único que se persigue es establecer la planta en su lugar definitivo y no importa, por lo tanto, la forma en que se haga. Durante el período de postestablecimiento la planta debe ser autosuficiente y estar en condiciones de crecer y desarrollarse en el ambiente natural donde esté sometida al estudio. Aquellas especies no adaptadas son eliminadas en esta etapa.

Los estudios de manejo, como competencia intra e interespecífica, fertilización, época de utilización, especie de animal que la con-

sume, etc., se hacen solamente sobre aquellas especies que han demostrado buenas características, pues, las que no demuestran buena adaptación al ambiente abiótico en su etapa adulta deben ser eliminadas.

Los lugares experimentales deben ser puntos extremos e intermedios que cubran una amplia gama de ambientes abióticos, que vayan desde un mínimo de la tolerancia de la especie en relación al ambiente hasta un máximo; de tal manera que sea posible determinar el rango de tolerancia de la especie y el ambiente óptimo para su desarrollo. La labor de la Estación Experimental se ha concentrado en áreas que registran precipitación desde 50 mm hasta 1.200.

Entre las especies nativas estudiadas en los jardines de introducción se procede luego a la selección de las más promisorias. Para ello se consideran características tales como: productividad total, proporción tallos, hojas y frutos; resistencia a plaga y enfermedades, longevidad fisiológica, ecología de la especie, época de crecimiento, reacción al pacimiento y ramoneo, tamaño de los frutos y características de ellos; tamaño, forma y persistencia de las hojas, cantidad de ramificaciones y tamaño de la planta. A base de ello se clasifican las taxas estudiadas en los diversos grupos.

Las especies seleccionadas reciben atención y se les estudia con mayor detalle sus características germinativas, tanto en el laboratorio como en el terreno. Esta etapa de la investigación es el primer paso en el estudio que conduce, finalmente, al establecimiento de la especie por siembra directa.

La mayoría de las especies tienen mecanismos generales que regulan su germinación y que son comunes a todas ellas. Los mecanismos externos a la semilla podrían denominarse mecanismos ecológicos por estar centralizados en el ambiente. Los internos podrían denominarse fisiológicos. Los estudios realizados por Cristi y Gastó (1971) han clarificado muchos de los aspectos generales en el establecimiento de nanofanerófitas provenientes de regiones cálidas. El trabajo de Gastó y Lazen (1966) analizó algunos aspectos del establecimiento de especies de origen templado.

La figura 1 indica que el principal mecanismo regular de la germinación de la semilla y emergencia de las plántulas está centralizado en dos factores ambientales: la humedad y la temperatura. Las plantas de origen templado requieren temperaturas bajas para germinar y una estación de crecimiento lo más prolongada posible. Por ello, las siembras tempranas son recomendables. Las especies de origen cálido o las de desarrollo estival requieren temperaturas altas para su germinación, emergencia y establecimiento. De ahí que las épocas óptimas de establecimiento corresponden a primavera, lo más tardíamente posible, cuando aún existe en el suelo la humedad suficiente para la germinación. Algunas especies de *Atriplex* de este grupo germinan en un amplio margen de temperatura (Burbridge, 1945), aunque las muy bajas les afectan. En el caso de la zona de Maipú donde se han realizado estudios durante las tres últimas estaciones de crecimiento, se ha demostrado que ello ocurre aproximadamente entre el 20 de julio y el 10 de agosto. Estas fechas están limitadas por la temperatura y la humedad respectivamente. Estos valores son promedios y por lo tanto, pueden variar de año en año.

Los estudios relacionados con profundidad de siembra indican, en general, que en los meses de junio y julio las profundidades óptimas de siembra son más superficiales produciéndose mejores stands a profundidas de 10 mm o menos. Esto se debe al hecho que la superficie edáfica se encuentra sin limitante hídrica y, por lo tanto, la emergencia de la plántula se facilita al tener que recorrer una menor distancia para alcanzar la superficie. En siembras de primavera, en cambio, la temperatura del aire es mayor y el poder desecante de la atmósfera es más alto y, por lo tanto, los primeros milímetros se secan fácilmente. En esta época las mejores profundidades son algo mayores existiendo condiciones adecuadas de humedad y temperatura a 20 mm. A mayores profundidades también existen estas condiciones favorables pero la distancia que debe recorrer la plántula para alcanzar la superficie es mayor y muchas de las plántulas provenientes de semillas de pequeño tamaño no logran alcanzar la superfi-

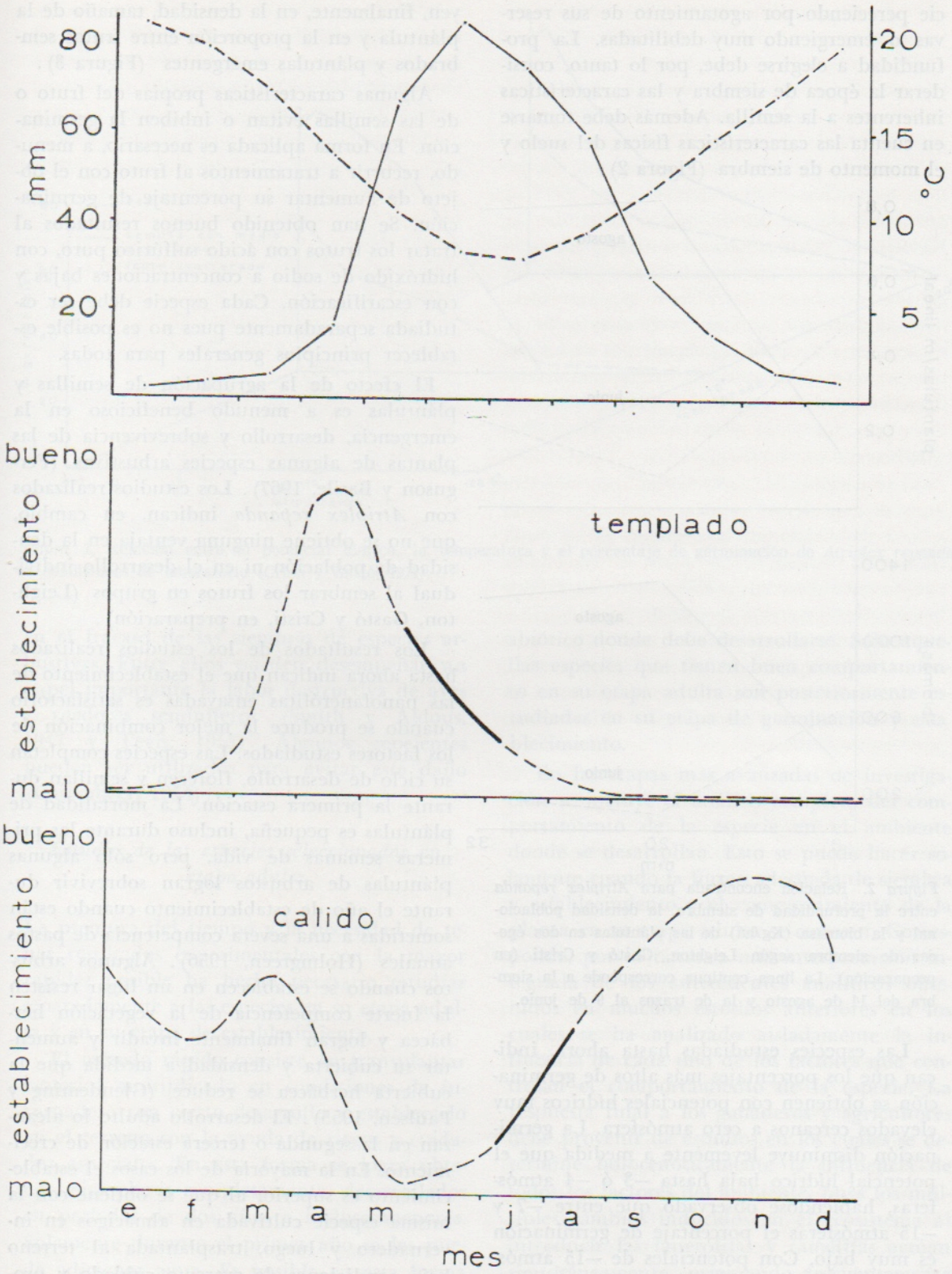

Figura 1. Esquema de la incidencia de la época de establecimiento en el desarrollo individual y poblacional de algunas especies de origen templado y cálido en el secano interior de la provincia de Santiago. Gráfico superior indica precipitación (línea continua) y temperatura (línea a trazos). Gráfico central indica establecimiento de especies de origen templado. Gráfico inferior indica establecimiento de especies de origen cálido. El segmento de la línea continua en las dos figuras inferiores indica la época en que es posible establecer la planta y la línea a trazos indica hipotéticamente el establecimiento en relación a un factor pero el otro factor continúa como limitante.

cie pereciendo por agotamiento de sus reservas o emergiendo muy debilitadas. La profundidad a elegirse debe, por lo tanto, considerar la época de siembra y las características inherentes a la semilla. Además debe tomarse en cuenta las características físicas del suelo y el momento de siembra (Figura 2).

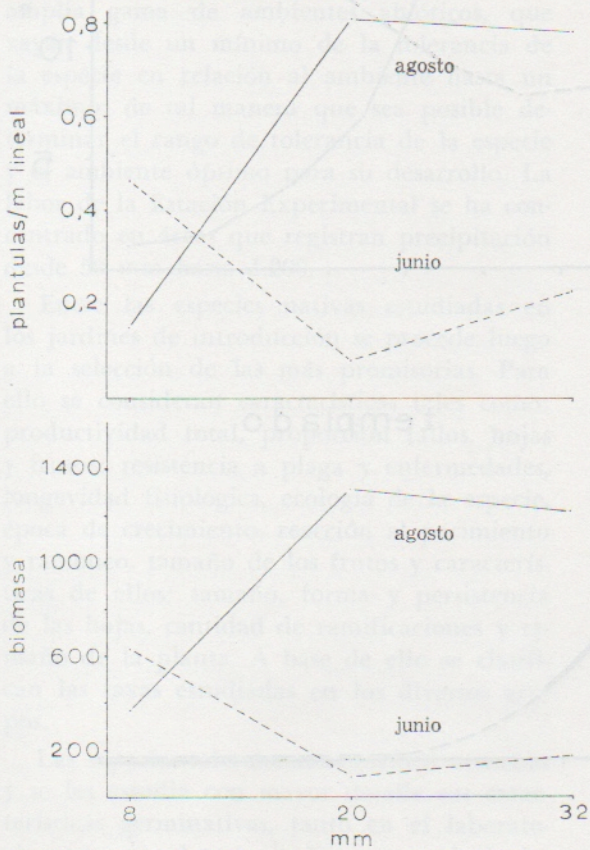

Figura 2. Relación encontrada para *Atriplex repanda* entre la profundidad de siembra, la densidad poblacional y la biomasa (Kg/há) de las plántulas en dos épocas de siembra según Leighton, Gastó y Cristi (en preparación). La línea continua corresponde a la siembra del 14 de agosto y la de trazos al 9 de junio.

Las especies estudiadas hasta ahora, indican que los porcentajes más altos de germinación se obtienen con potenciales hídricos muy elevados cercanos a cero atmósfera. La germinación disminuye levemente a medida que el potencial hídrico baja hasta −3 ó −4 atmósferas, habiéndose observado que entre −7 y −15 atmósferas el porcentaje de germinación es muy bajo. Con potenciales de −15 atmósferas e incluso a −25 atmósferas se obtiene algo de germinación aun cuando los valores son muy pequeños. Todos estos factores influyen, finalmente, en la densidad, tamaño de la plántula y en la proporción entre frutos sembrados y plántulas emergentes (Figura 3).

Algunas características propias del fruto o de las semillas evitan o inhiben la germinación. En forma aplicada es necesario, a menudo, recurrir a tratamientos al fruto con el objeto de aumentar su porcentaje de germinación. Se han obtenido buenos resultados al tratar los frutos con ácido sulfúrico puro, con hidróxido de sodio a concentraciones bajas y con escarificación. Cada especie debe ser estudiada separadamente pues no es posible establecer principios generales para todas.

El efecto de la agrupación de semillas y plántulas es a menudo beneficioso en la emergencia, desarrollo y sobrevivencia de las plantas de algunas especies arbustivas (Ferguson y Basile, 1967). Los estudios realizados con *Atriplex repanda* indican, en cambio, que no se obtiene ninguna ventaja en la densidad de población ni en el desarrollo individual al sembrar los frutos en grupos (Leighton, Gastó y Cristi, en preparación).

Los resultados de los estudios realizados hasta ahora indican que el establecimiento de las nanofanerófitas ensayadas es satisfactorio cuando se produce la mejor combinación de los factores estudiados. Las especies completan su ciclo de desarrollo, florecen y semillan durante la primera estación. La mortalidad de plántulas es pequeña, incluso durante las primeras semanas de vida, pero sólo algunas plántulas de arbustos logran sobrevivir durante el año de establecimiento cuando están sometidas a una severa competencia de pastos anuales (Holmgreen, 1956). Algunos arbustos cuando se establecen en un lugar resisten la fuerte competencia de la vegetación herbácea y logran finalmente invadir y aumentar su cubierta y densidad a medida que la cubierta herbácea se reduce (Glendeming y Paulsen, 1955). El desarrollo adulto lo alcanzan en la segunda o tercera estación de crecimiento. En la mayoría de los casos el establecimiento es superior al que se obtiene con la misma especie cultivada en almácigos en invernadero y luego, trasplantada al terreno bajo condiciones de extremo cuidado y proporcionándosele riego artificial.

Otros factores pueden estar involucrados

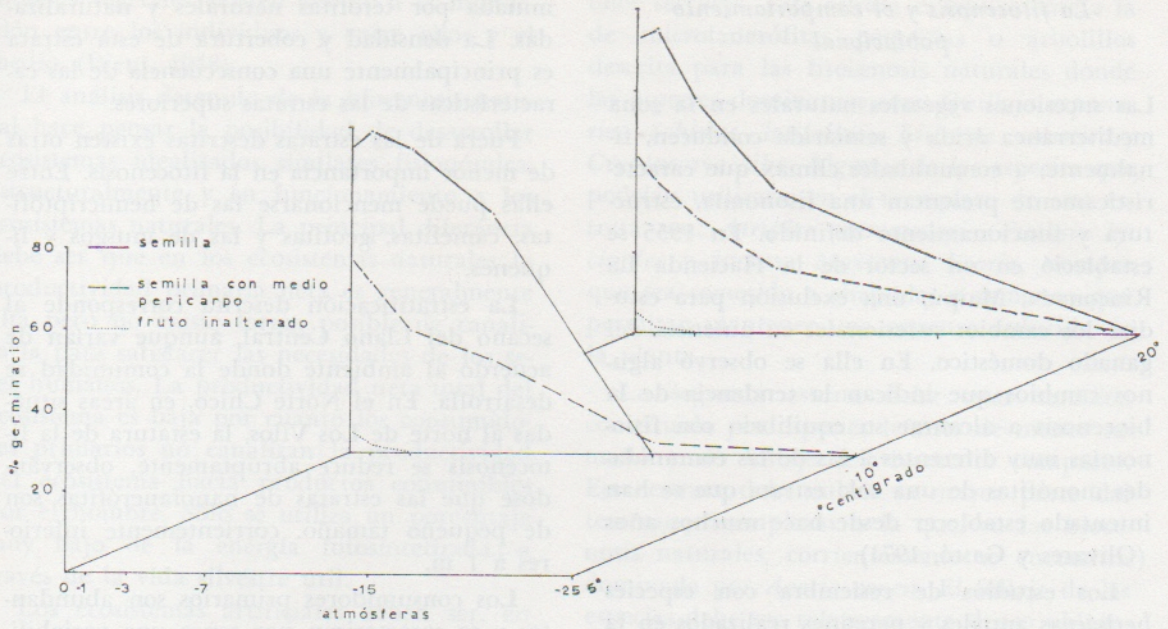

Figura 3. Relación entre el potencial hídrico, la temperatura y el porcentaje de germinación de *Atriplex repanda* en condiciones de laboratorio (Cristi y Gastó, 1971).

en el fracaso de las siembras de especies arbustivas. Entre ellos pueden desempeñar un papel importante la labor destructiva de aves y roedores seminíferos (Smith y Aldous, 1947 y Tevis, 1953). Algunos repelentes pueden ser utilizados para evitar este daño (Casembeer, 1954).

Estudio de las especies seleccionadas en etapa adulta

La premura del tiempo y la necesidad de tener resultados experimentales con la mayor rapidez posible ha hecho necesario estudiar separadamente a las especies en su etapa adulta y en su etapa de establecimiento.

El método rápido consiste en transplantar material multiplicado en condiciones de invernadero con cierto desarrollo y establecerlo en el terreno con la ayuda de riegos y cuidados especiales. En esta forma se logra obtener ejemplares completamente desarrollados en períodos de dos años e incluso menores. Solamente durante el primer año se les puede adicionar agua. Es posible en esta forma conocer en forma rápida el comportamiento de la especie frente al ambiente biótico y abiótico donde debe desarrollarse. Sólo aquellas especies que tienen buen comportamiento en su etapa adulta son posteriormente estudiadas en su etapa de germinación y establecimiento.

En las etapas más avanzadas de investigación se incluye el análisis completo del comportamiento de la especie en el ambiente donde se desarrollan. Esto se puede hacer solamente cuando la forma adecuada de siembra y establecimiento y el comportamiento de la planta en su etapa adulta se conocen. Corresponde, por lo tanto, a una interpretación integrada de los antecedentes analíticos obtenidos en muchos estudios anteriores en los cuales se ha analizado aisladamente la influencia de cada uno de los factores que controlan el comportamiento de la especie. La respuesta final a los ganaderos y agricultores debe provenir de estudios en los cuales se determine holocenóticamente la influencia de todos los factores del ambiente, pues los múltiples cambios inducidos en el ecosistema al introducir las fanerófitas y caméfitas actúan simultáneamente originando frecuentemente incrementos en la productividad (Alley y Park, 1939).

La fitocenosis y el comportamiento poblacional

Las sucesiones vegetales naturales en la zona mediterránea árida y semiárida conducen, finalmente, a comunidades clímax que característicamente presentan una fisonomía, estructura y funcionamiento definido. En 1955 se estableció en un sector de la Hacienda La Rinconada, Maipú, una exclusión para estudiar los cambios sucesionales en ausencia del ganado doméstico. En ella se observó algunos cambios que indican la tendencia de la biocenosis a alcanzar su equilibrio con fisionomías muy diferentes a las de las comunidades monófitas de una sola estrata que se han intentado establecer desde hace muchos años (Olivares y Gastó, 1971).

Los estudios de resiembra con especies herbáceas anuales y perennes realizados en la misma localidad no han dado, en general, resultados satisfactorios. Esto se contradice con la excelente adaptación demostrada por la biocenosis natural la que es, además, altamente productiva. Basado en este esquema se ha pensado en desarrollar ecosistemas artificiales fisionómicamente muy similares a la comunidad clímax natural, pero diferente en algunos aspectos.

La característica más sobresaliente de la comunidad clímax natural es la pluriestratificación. La estrata dominante está representada por nanofanerófitas de gran tamaño, corrientemente de alturas cercanas o superiores a los 2 m entre las que predominan *Acacia caven*. A menudo existe sobre esta otra estrata de microfanerófitas pequeñas que alcanzan hasta 3 o 4 m de altura pero cuya dominancia y densidad son bajas. Las especies más características de esta estrata son siempre verdes y entre ellas puede mencionarse: *Quillaja saponaria, Schinus latifolius, Lithraea caustica* y *Cryptocarya alba.*

La tercera estrata está dominada por especies de tamaño medio que soportan algo la sombra que proyectan las estratas superiores las que, por lo demás, no logran ser muy densas. Algunas de las especies más características de esta tercera estrata son *Proustia pungens* y *Solanum tomatillo.*

Finalmente, existe una cuarta estrata dominada por terófitas naturales y naturalizadas. La densidad y cobertura de esta estrata es principalmente una consecuencia de las características de las estratas superiores.

Fuera de las estratas descritas existen otras de menor importancia en la fitocenosis. Entre ellas puede mencionarse las de hemicriptófitas, caméfitas, geófitas y las de musgos y líquenes.

La estratificación descrita corresponde al secano del Llano Central, aunque varían de acuerdo al ambiente donde la comunidad se desarrolla. En el Norte Chico, en áreas situadas al norte de Los Vilos, la estatura de la fitocenosis se reduce abruptamente, observándose que las estratas de nanofanerófitas son de pequeño tamaño. corrientemente inferiores a 1 m.

Los consumidores primarios son abundantes y se caracterizan por tener una variabilidad anual y estacional de la densidad. Se podrían clasificar en dos grupos principales: los vertebrados y los invertebrados. Estos consumidores son los principales responsables de mantener una productividad neta de la biocenosis igual o cercana a cero. Una proporción muy alta de los invertebrados constituyen las plagas. Los vertebrados son herbívoros, detritófagos o granívoros y logran, a menudo, causar daños mayores a las especies más deseables por cuanto, además de la energía que consumen, provocan daños en el floema, yemas y frutos alterando el equilibrio de la comunidad.

Los vertebrados consumidores primarios son abundantes aun cuando su biomasa en pie puede ser baja. Algunos viven en cavidades construidas por ellos mismos en el suelo y se alimentan tanto de raíces y restos de vegetales, como de corteza, follaje y semillas de algunas especies vegetales. La vida subterránea les permite escapar ventajosamente de las temperaturas extremas debido a su actividad crepuscular. Otros vertebrados viven en la superficie y utilizan la complejidad de la fitocenosis como su hábitat que les proporciona tanto alimento como protección.

El medio edafotópico y climatópico especialmente en lo que se refiere a las características microambientales es una consecuencia y, a la vez, la causa de la biocenosis. Las comu-

nidades vegetales existen debido a la interacción entre los individuos y entre ellos y el medio (Went, 1948).

El análisis detenido de la biocenosis natural hace pensar la posibilidad de desarrollar ecosistemas idealizados similares fisionómica, estructuralmente y en funcionamiento a los ecosistemas naturales. La principal diferencia debe ser que en los ecosistemas naturales la productividad primaria neta es generalmente alta pero no existe forma posible de canalizarla para satisfacer las necesidades de los seres humanos. La productividad neta total del ecosistema es baja por cuanto los consumidores primarios no canalizan la productividad del ecosistema hacia productos consumibles por el hombre. Sólo se utiliza un porcentaje muy bajo de la energía fotosintetizada, a través de la vida silvestre útil.

Los ecosistemas artificiales deben ser, en lo posible, semejantes en muchas de las características a los ecosistemas naturales. En otras, en cambio, deben presentar características opuestas que les permitan ser más beneficiosos para los seres humanos. A continuación se analizan las principales semejanzas y diferencias que deben existir entre ambos (Figura 4).

Los ecosistemas idealizados deben desarrollarse en forma tal que mantengan una estratificación vertical similar a los naturales. Esta estratificación debe ser, en general, constituida por horizonte vegetacionales de menor estatura que los naturales. La estrata superior no debe ser mayor de un metro y medio o dos metros como máximo, de tal forma, que sea accesible al ganado doméstico que haga uso de ella. La dominancia de esta estrata debe ser baja. Esta estrata es equivalente a la de microfanerófitas pequeñas o arbolillos descrita para las fitocenosis naturales donde las especies dominantes son: *Quillaja saponaria, Schinus latifolius, Lithreae caustica* y *Cryptocarya alba*. Algunas de las especies que podrían utilizarse en el reemplazo de esta estrata son: *Atriplex nummularia, Fuchsia lycioides* e incluso *Maytenus boaria,* siempre que sea sometido a chapodas o ramoneo que permitan mantener una estatura reducida de la planta.

La segunda estrata debe estar también constituida por especies leñosas de menor tamaño y de follaje relativamente compacto. Esta estrata debe cubrir la mayor parte del terreno y reemplazar a la que, en las biocenosis naturales, corrientemente se encuentra dominada por *Acacia caven*. El follaje de las especies debe ser relativamente denso ubicándose alrededor de ramificaciones cortas y de tallos delgados consumibles por el ganado, con abundante cantidad de hojas y frutos que le permitan mantener un valor nutritivo alto durante el período de utilización de la planta, especialmente durante las épocas de mayor escasez. Las características morfológicas de las especies que integran esta estrata deben ser tales que permitan un máximo aprovechamiento de la energía solar y por ello, tener la mínima ramificación y máxima periferia. Estas especies no deben desarrollar microambientes favorables para la vida silvestre no útil pues, en este caso, se dificultaría su manejo y sería muy difícil su control o erradicación de estos organismos. Algunas de las especies estudiadas que ofrece mayores posibilidades de éxito y productividad alta

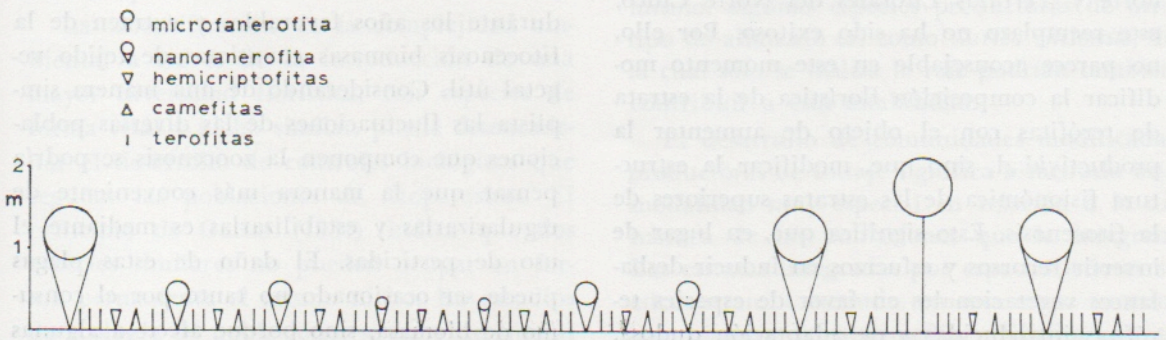

Figura 4. Bisecto de ecosistema idealizado.

son: *Atriplex repanda, A. atacamensis* y *Kochia brevifolia*. La altura media de esta estrata no debe ser superior a los 60 ó 70 cm.

La estrata intermedia debe estar constituida por caméfitas de baja altura o rastreras entre las que puede mencionarse *Atriplex coquimbana, A. semibaccata, A. leptocarpa* y *Chenopodium paniculatum*. Esta estrata no debe ser superior de 20 cm de altura y por su hábito rastrero, ocupar un porcentaje intermedio de la cubierta del suelo. Los componentes ocupan los espacios inferiores donde existe energía solar disponible que no ha sido interceptada íntegramente por la estrata intermedia y por la superior.

La estrata inferior está constituida por terófitas de pequeño tamaño, corrientemente no superiores a 20 cm. Su importancia reside en su condición de poder aprovechar los recursos abióticos disponibles que no han sido utilizados por las estratas leñosas. Pueden desempeñar este nicho debido a su alto potencial productor de diseminulas, a la alta tasa de natalidad y a la capacidad de desarrollarse rápidamente cuando las condiciones ambientales son desfavorables. Ocupan un nicho que de otra manera no sería aprovechado por ninguna de las especies leñosas que pueden desarrollarse en la fitocenosis. Algunas de las especies más conspicuas en esta estrata son *Erodium cicutarium, Trisetobromus hirtus, Vulpia dertonensis, Koeleria phleoides, Medicago polymorpha* y varias, especies de *Trifolium*. En algunas zonas del país, especialmente en la región costera central, se ha tenido éxito reemplazando algunas de las terófitas por *Trifolium subterraneum* y *Lolium rigidum*. En el secano del Llano Central, región de las Serranías, Cordillera de la Costa norte y Terrazas Litorales del Norte Chico, este reemplazo no ha sido exitoso. Por ello, no parece aconsejable en este momento modificar la composición florística de la estrata de terófitas con el objeto de aumentar la productividad, sino que, modificar la estructura fisionómica de las estratas superiores de la fitocenosis. Esto significa que, en lugar de invertir recursos y esfuerzos en inducir desbalances vegetacionales en favor de especies terófitas introducidas y de adaptación dudosa, es preferible incorporar especies leñosas de variadas estaturas que han probado adaptabilidad y productividad satisfactoria.

A manera de ejemplo de las ventajas de la estratificación puede mencionarse el hecho que durante los años secos que se han presentado en el Norte Chico, en el último decenio, los predios que mantenían praderas pluriestratificadas, en las cuales dominaban arbustos forrajeros naturales, sólo disminuyeron en un bajo porcentaje la dotación de ganado menor. Ello se hizo con el objeto de ajustar la carga animal con la capacidad sustentadora de la pradera. Lo opuesto sucedió en predios donde fue eliminada totalmente la estrata arbustiva. En ellos es necesario hacer reducciones drásticas en la dotación de ganado, pues, la productividad en años desfavorables es muy baja o casi nula.

De lo expresado en los párrafos anteriores se desprende que, en los ecosistemas modificados, a pesar de no causar cambios fisionómicos en la vegetación, se originan cambios florísticos de consideración. Las especies naturales no son, en general, buenas productoras de tejido vegetal utilizable directamente por el hombre o los animales domésticos. Es necesario eliminar o reducir la competencia de algunas de las especies naturales con el objeto de incrementar las plantas deseables o introducir especies mejoradas.

La simplificación del ecosistema conduce, a menudo, a biocenosis inestables. Las variaciones climáticas que ocurren anualmente, en especial en regiones deficitarias de humedad, son el elemento desencadenador de cambios poblacionales que se manifiestan a través de los diversos elementos de la zoocenosis. Los invertebrados consumidores primarios aumentan a menudo en forma descontrolada durante los años favorables y extraen de la fitocenosis biomasas cuantiosas de tejido vegetal útil. Considerando de una manera simplista las fluctuaciones de las diversas poblaciones que componen la zoocenosis se podría pensar que la manera más conveniente de regularizarlas y estabilizarlas es mediante el uso de pesticidas. El daño de estas plagas puede ser ocasionado no tanto por el consumo de biomasa, sino porque afecte a algunas estructuras del vegetal, tales como yemas flo-

rales, ramillas tiernas y raicillas aunque su consumo total de energía vegetal sea bajo.

La experiencia acumulada durante los últimos años indica que el empleo de pesticidas no conduce, a la larga, a un control y estabilización de las poblaciones problema, a pesar de las dificultades que ocasiona este método y de los costos que ello involucra.

En la planificación de ecosistemas pratenses idealizados en regímenes de pluviometría limitada parece preferible pensar en la introducción de controles naturales. La ley de Elton indica que la complejidad produce estabilidad y así lo ha demostrado Pimentel (1961) en poblaciones de insectos. Cualquier mejoramiento de la biocenosis natural mediante el reemplazo de ésta por otra más simplificada y, aparentemente más productiva, puede conducir al fracaso. En regiones de secano, en ambientes desfavorables donde la productividad es baja, no es a menudo, posible ni factible la aplicación regular y frecuente de pesticidas con el objeto de controlar los invertebrados fitófagos. La clave en el desarrollo de ecosistemas idealizados debe estar basada, en primer lugar, en el desarrollo de un nivel de complejidad ecológica similar o superior al del ecosistema natural. El desarrollo de praderas monófitas o de una sola estrata debe ser en lo posible evitado (Uvarov, 1962). Esto significa la formación de fitocenosis idealizadas que contengan una alta estratificación y una gran diversidad estructural y florística. En los párrafos anteriores se ha indicado algunos ejemplos de ecosistemas modificados en los cuales se incluye, como mínimo, cuatro estratas de plantas vasculares y en cada una de ellas representantes de varias especies.

La intensificación de la complejidad ambiental a través de la introducción de una mayor diversidad florística, con especies de forma vital y nicho similar, puede desencadenar el desarrollo de controles biológicos que regulan las poblaciones de fitoparásitos. El principio de Gause (1934) indica que dos especies similares no pueden ocupar en forma permanente el mismo nicho. En estudios de ecología de poblaciones se ha visto que al cabo de varias generaciones las especies menos adaptadas se eliminan (Park, 1955 y Harlan y Martin, 1938).

El principio de Gause podría no aplicarse a algunos de los ecosistemas idealizados descritos en este estudio. Aquí se consideran biocenosis donde las estratas leñosas se encuentran en etapas sucesionales iniciales o intermedias y los ajustes de la densidad poblacional se hacen antropogénicamente.

El desarrollo de ecosistemas constituidos exclusivamente por especies productoras de follaje apto para el ramoneo ocasiona dificultades en el mantenimiento de la complejidad ecológica. El reemplazo de biocenosis naturales por biomas idealizados a menudo significa una reducción pronunciada en el número de especies, con lo cual se simplifica excesivamente la comunidad. Algunas especies logran, entonces, gran abundancia y con ello empeora el balance natural al reducirse el control biológico de las plagas (Bey-Bienko, 1961). La mayor parte de las biocenosis pratenses desarrolladas deben ser utilizadas estacional e intensivamente. Con ello se elimina parcial o totalmente el tejido foliar y los microhábitats donde se desarrollan las especies que mantienen el control biológico de las plagas. Es necesario, entonces, introducir algunos elementos productores de recursos aprovechables directamente por el ganado o por el hombre pero que, a su vez, no sean consumidos en forma de ramoneo por el ganado. El mantenimiento del follaje permite desarrollar, en forma permanente, estos microhábitats y favorecer el control biológico.

Las especies seminíferas tales como: *Cordia decandra, Prosopis chilensis, P. tamarugo* y algunas especies de *Quercus,* podrían contribuir al mantenimiento de la estabilidad. Asimismo, algunas especies productoras de otro tipo de alimento tal como *Carica chilensis,* de la cual sólo se utiliza la raíz podrían también contribuir a esta estabilidad.

El desarrollo de comunidades modificadas productoras de follaje significa a menudo una modalidad muy especial en relación a la dinámica de las poblaciones que la integran. Las estratas integradas por especies leñosas se encuentran, a menudo, en una etapa sucesional pionera o intermedia. Difícilmente se encuentra en estado de equilibrio, es decir,

que la natalidad sea igual a la mortalidad de la población. A pesar de tratarse de especies de gran longevidad al cabo de algunos años la mortalidad puede sobrepasar a la natalidad y con ello, se produce lentamente una declinación en la densidad poblacional. Si la diferencia entre la tasa de natalidad y mortalidad es exigua podría mantenerse un equilibrio mediante el incremento de la natalidad a través de medios antropogénicos.

La estrata de terófitas se encuentra, en cambio, a menudo, en etapa de equilibrio que corrientemente corresponde a disclímax. La corta vida de estas especies y la gran producción de semillas les permite, en pocos años, alcanzar ajustes poblacionales que estén acordes con las características del medio donde se desarrollan y a ello se debe su equilibrio. Ocurre así con las especies leñosas que son, en general, de larga vida y por lo tanto demorarían períodos muy largos en alcanzar el equilibrio.

En las etapas sucesionales iniciales de las subseres postaradura los cambios vegetacionales son muy bajos y luego, reducen su tasa de cambio poblacional. (Kershaw, 1964 y Olivares y Gastó, 1971). Las especies pioneras están adaptadas al medio existente en las etapas iniciales de la subseres, pero a medida que se produce el avance sucesional van siendo reducidas por la interferencia de otras especies.

Las especies pioneras tienen características fisiológicas de diseminación, longevidad de sus semillas y otras que les permiten adaptarse en mejor forma a las etapas iniciales. Las especies clímax, en cambio, están mejor adaptadas a las etapas más avanzadas de las sucesiones. La característica de pionera o clímax que se le puede dar a una especie no es propia de ésta, sino que de ella, en el ambiente donde se desarrolla (Harlan, 1959).

Las especies leñosas de las estratas superiores afectan el crecimiento de las herbáceas que crecen bajo ella. La reducción en la densidad incrementa la productividad de las herbáceas y ello se debe a la reducción de la competencia por luz, agua, nutrientes y posiblemente efectos antagónicos de exudados (Jameson, 1967 y Woods 1961).

Perry *et al,* (1967) confirman estas afirmaciones al indicar que al controlar el matorral por medio de herbicidas se incrementa la capacidad sustentadora de la pradera debido a la reducción de las especies arbustivas menos deseables y el subsiguiente reemplazo de ellas por plantas herbáceas deseables.

Las comunidades vegetales existen debido a la interacción entre los individuos y entre ellos y el medio. El espaciamiento entre los vegetales es de especial importancia en la germinación, pues ella se incrementa en los espacios abiertos en relación a los sectores con densidades poblacionales muy elevadas (Went, 1948).

Biswell (1954) ha resumido los factores que favorecen y los que retardan el incremento de los arbustos. Entre los primeros menciona el fuego, cuando ello ocurre por una sola vez, el pastoreo intensivo y las lluvias tardías. Entre los que retardan el desarrollo menciona una elevada cubierta de terófitas, dos o más quemas consecutivas y el ramoneo por vida silvestre, ovinos y bovinos.

Cuando la luz es el factor limitante, el área foliar es de primera importancia como regulador de la productividad (Donald, 1961). Cuando el factor limitante es el agua el incremento del área foliar puede significar una reducción en la productividad, pues simultáneamente se eleva la superficie transpirante de la vegetación.

El borde entre vegetación herbácea y leñosa tiene características diferentes a cada una de ellas en forma aislada y constituye lo que se denomina efecto de borde (Nytzenko, 1948 y Odum, 1959). El desarrollo de ecosistemas pluriestratificado obtiene provecho de esta reacción en lo que se refiere a diversidad de especies y productividad, pues incrementa la zona donde ocurre el contacto entre dos o más fisionomías o especies diferentes y por lo tanto el efecto de borde es mayor.

El sistema de utilización de la pradera puede tener influencia en las sucesiones vegetales a través de las modificaciones de la tasa de natalidad y mortalidad. Las especies de mayor aceptabilidad por el ganado pueden ser utilizadas en forma demasiado intensiva reduciéndose su tasa de natalidad e incrementándose la de mortalidad. El ganado puede afectar directamente a las plántulas

de diversas especies favoreciendo a algunas y perjudicando a otras. Glendening (1952) concluyó, por ejemplo, que el sistema de utilización de la pradera natural no influye en el grado de invasión de *Prosopis juliflora*.

Las modificaciones fitocenóticas que ocurren como consecuencia de la introducción de varias estratas deben ser evaluadas no sólo en base a los cambios en el horizonte vegetacional respectivo, sino que en el ecosistema como un todo. En la naturaleza no concurren factores simples que permitan hacer un análisis de los cambios producidos al introducir un factor desencadenador. La suma de la influencia de cada uno de los factores considerados analíticamente no debe ser reunida e interpretada como un todo natural del ecosistema (Cain, 1947). Por ello, resulta de tan difícil predicción la evaluación hipotética de ecosistemas complejos donde se dispone de resultados de estudios empíricos en que cada factor se analiza independientemente de las demás.

Uno de los objetivos principales que se persigue en la modificación del ecosistema es canalizar la productividad de la biocenosis hacia un único consumidor: el hombre. En el caso de las praderas, el hombre actúa como consumidor secundario de fitocenosis utilizadas directamente por herbívoros domésticos, especialmente ovinos y bovinos. La anatomía bucal de los principales consumidores primarios les permite cosechar y consumir tejido vegetal de plantas herbáceas. Consumen además los brotes más tiernos y los frutos de las fanerófitas y caméfitas que permanecen ocasional o normalmente adheridos a la planta.

No existe a menudo especies animales domésticas que utilicen directamente los frutos pequeños de algunas plantas, pues, la energía consumida en este proceso es inferior al esfuerzo de cosecha. Por ello, tanto en ecosistemas naturales como modificados, se prefiere permitir la cosecha de esta energía a través de la vida silvestre útil; es decir, aquella que luego es consumida por el hombre. En las modificaciones ecosistemáticas que se propone se pretende no alterar este proceso e incluso reforzarlo desarrollando hábitats de protección para la vida silvestre útil. Con ello se aumentaría la densidad y la tasa de cambio de la población y por consiguiente, la productividad del consumidor primario. No parece posible en este momento planificar la introducción de especies animales seminíferas domésticas, pues por las razones energéticas expresadas anteriormente serían menos eficiente que la vida silvestre.

De lo dicho anteriormente se desprende que los mamíferos domésticos que se introducen en el ecosistema modificado, reemplazan al degú *(Octodon degus)* u otros roedores de vida subterránea cuyas madrigueras son destruidas y erradicadas del área. El fuego, a menudo, es un medio eficiente de controlar algunos roedores (Cook, 1959). Mediante el reemplazo de los vertebrados no útiles por ganado se logra que, un producto no utilizable por el hombre se transforma en fuente de energía y nutrientes para éste. La vida silvestre útil, en cambio, no se reemplaza sino que se incrementa mediante el desarrollo de hábitats de protección e incremento del alimento disponible para aquella. Algunas de las especies útiles que podrían incrementarse al estructurar ecosistemas desarrollados son: la tórtola, la codorniz y la perdiz. Algunos roedores y leporios, en cambio, son competitivos con el ganado y, por lo tanto, su fomento y desarrollo significa la formación de un nuevo conducto de la productividad primaria que es, a menudo, menos eficiente y de más difícil cosecha.

La vida silvestre útil se comporta, además, como consumidor secundario cuando se alimenta de invertebrados. Una parte considerable de los invertebrados que se desarrollan en los ecosistemas modificados tienen carcterísticas de plaga, con grandes fluctuaciones poblacionales y por ser ávidos consumidores destruyen una proporción alta del tejido vegetal. La vida silvestre útil puede ser un método eficiente que permita realizar un control biológico de las plagas simultáneamente con la canalización de la productividad de los ecosistemas.

No es suficiente el control de las plagas de invertebrados a través de la vida silvestre útil. Es necesario que otros invertebrados ocupen también este nicho, lo cual se puede lograr si se mantienen un alto grado de com-

plejidad. En los ecosistemas modificados los invertebrados deben ser controlados primordialmente por medios biológicos y no con pesticidas.

Las modificaciones a los ecosistemas pueden tender a desarrollar fitocenosis cuyo fin principal sea producir alimentos consumibles directamente por el hombre, o fitocenosis mixtas en las cuales una parte sea consumida por el hombre y el resto por el ganado y la vida silvestre útil.

ADAPTACION ECOLOGICA

A continuación se describe brevemente algunas de las características más sobresalientes de varias de las especies estudiadas.

Atriplex semibaccata. Caméfita que se caracteriza por presentar hábito postrado. Se encuentra abundantemente en exclusiones naturales tales como: orillas de caminos, cortes en el terreno y en otros lugares inaccesibles al ganado donde alcanza gran tamaño, especialmente, cuando la competencia inter e intraespecífica es reducida. Tiene raíces poderosas y profundizadoras.

Se adapta especialmente para la resiembra de terrenos barbechados, bien preparados, que ofrezcan una cama de semilla mullida y firme donde se le puede establecer formando stands densos. Ocasionalmente se establece también en forma satisfactoria en camas de semilla sólo regularmente preparadas o bien al voleo sobre la pradera natural. Se establece formando stands adecuados incluso bajo condiciones muy adversas de humedad, en años cuya precipitación total no alcanza a 50 mm (Gerding, 1970). Se adapta bien desde Coquimbo a Colchagua (Opaso, 1939).

La productividad de *Atriplex semibaccata* es frecuentemente alta, especialmente durante el segundo y el tercer años, pero luego se reduce apreciablemente a medida que la población original envejece y el stand se ralea, lo cual origina una ostensible baja en la productividad. Pasado este período, la vida de la pradera puede prolongarse durante varios años, pero su productividad se mantiene siempre que el manejo de la pradera sea satisfactorio, pues de lo contrario los rendimientos bajan aún más.

Debe ser considerada principalmente como una especie pionera de las sucesiones secundarias. El valor de *Atriplex semibaccata* como mejorador de praderas está limitado por su tendencia a desaparecer después de algunos años. La tasa de natalidad es relativamente alta pero la tasa de mortalidad es también alta, especialmente en estado de plántula, por lo cual la densidad poblacional a pesar del incremento natural, se mantiene constantemente baja después del segundo o tercer años. Los antecedentes acumulados hasta ahora parecerían aconsejar el establecimiento de esta especie en praderas polífitas pluriestratificadas, donde otras especies de mayor persistencia ocupen los espacios desocupados, a medida que la población de *Atriplex semibaccata* se reduzca. La utilización moderada de praderas dominadas por esta especie conduce finalmente a su deterioro.

Fue introducida a Concepción desde Australia en el año 1900 (Opaso, 1939). Ha demostrado su mejor adaptación en el Secano de la Costa, en la región de las Terrazas Litorales y en suelos de pendiente suave de la Cordillera de la Costa, en el Norte Chico. En la región del Secano del Llano Central y en terrenos de escasa pendiente de la región de las Serranías se adapta también satisfactoriamente siempre que se le utilice con pastoreo diferido, estacional o rotativo. Se caracteriza por invadir y colonizar superficies libre de vegetación pero no alcanza densidades elevadas.

Atriplex leptocarpa. Caméfita postrada, que alcanza escaso desarrollo en ambientes favorables. Su densidad es mayor durante los primeros años, pero luego se ralea y ajusta su población a niveles de densidad algo menores. No constituye biomasas compactas por lo cual no debe utilizarse para formar praderas monófitas. Es de comportamiento similar al de *Atriplex semibaccata,* pero su productividad potencial es levemente inferior. Se adapta especialmente como pionera de las sucesiones secundarias. Podría ser utilizada como posible alternativa al uso de *Atriplex semibaccata.* Ha sido estudiada, en la Hacienda la Rinconada de Maipú donde se ha caracterizado por invadir y ocupar es-

pacios desocupados. Los estudios realizados hasta la fecha son insuficientes para conocer íntegramente su adaptación y comportamiento. Esta especie es introducida desde Australia.

Atriplex exilifolia. Caméfita semierecta de follaje ralo que alcanza escaso desarrollo en ambientes favorables teniendo además una baja productividad de biomasa. Fue introducida al país y se caracteriza por invadir y ocupar hábitats desocupados, sin alcanzar densidades elevadas. Es de productividad inferior a *Atriplex semibaccata* y *Atriplex leptocarpa.*

Chenopodium paniculatum. Caméfita rastrera que toma la forma de cojín. Tiene abundantes hojas y es de crecimiento rápido. Alcanza alturas de hasta 30 ó 40 cm formando matas bajas y densas. Es nativa de la región costera de la provincia de Coquimbo, especialmente del área comprendida entre Los Vilos y Lagunillas. Se encuentra profusamente distribuida en suelos arenosos y en general en suelos barbechados constituyendo poblaciones naturales muy densas. Se caracteriza por presentar tasas de natalidad muy alta en ambientes favorables, pero ello va generalmente unido a tasas de mortalidad también muy altas durante los primeros años de vida, razón por la cual debe ser clasificada como una planta pionera de las sucesiones vegetales. Sin embargo, se le encuentra también, a menudo, en exclusiones naturales, orillas de caminos y bajo arbustos espinosos, en etapas sucesionales más avanzadas. Se presenta como una de las especies más promisorias para la resiembra debido a su fácil y rápido establecimiento, tolerancia extrema a la sequía y adaptación a suelos arenosos. No debe pensarse en establecer con esta especie praderas monófitas de larga duración, pero puede ser un buen componente de praderas polífitas de larga vida en la cual el constituyente pionero podría ser *Chenopodium paniculatum.*

Ha sido estudiada durante varios años por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile en el Secano del Llano Central donde ha demostrado buen crecimiento, pero longevidad escasa. En otros estudios en el Norte Chico y región de la Costa Central ha demostrado también buena adaptabilidad. Necesita ser estudiada más intensamente, especialmente en la región costera del Norte Chico donde alcanza buen desarrollo y adaptación.

Actualmente la Sección Secano de la Facultad de Agronomía estudia su comportamiento en siembras directas, pues ya se dispone de cantidades limitadas de semilla.

Atriplex coquimbana. Caméfita postrada que se caracteriza por tener longevidad alta. Se le encuentra en forma nativa en la provincia de Coquimbo entre Los Vilos y La Serena y desde el nivel del mar hasta ochocientos metros de altitud. Las mayores densidades de la especie aparecen, sin embargo, en las cercanías del mar hasta elevaciones de cien a doscientos metros. Se adapta a gran variedad de suelos pero predomina en aquellos de textura franca a franca-arcillosa y de profundidad media a profunda. A menudo se presenta en suelos similares a los que comúnmente se siembra *Atriplex semibaccata,* especialmente en sectores que no han sido roturados. Su preferencia por aquellos sectores hace pensar que se trata de una especie que se somporta generalmente como clímax. Es según Opaso (1939) posiblemente la mejor especie de la zona.

Es abundante en sectores ramoneados intensa y continuamente por presiones de pastoreo muy altas. En las fitocenosis donde se desarrolla en forma natural, presenta aceptabilidad por el ganado muy alta, especialmente por caprinos y ovinos, los que la utilizan intensamente hasta dejar solamente un índice de área foliar muy bajo lo que afecta seriamente al vegetal. Su utilización en praderas mejoradas y naturales en la cual esta especie se presenta, está condicionado al manejo racional de la pradera. Ello significa en primer lugar pastoreo estacional o rotativo, pues de lo contrario la planta se afecta seriamente.

El desarrollo de la especie en relación a las sucesiones vegetales indica que se comporta como una especie clímax o disclímax. Acepta la competencia de otras especies pero debido a su hábito rastrero y a su estatura baja las nanofanerófitas dominantes de la etapa clímax pueden aferta a *Atriplex co-*

quimbana al interferir la luz. Por ello es preferible pensar que se trata de una especie disclímax adaptada a comunidades pluriestratificadas donde las estratas de nanofanerófitas se mantienen en una densidad media a baja con el objeto de permitir el paso de la luz hacia la estrata de caméfitas. Puede ser un buen elemento fitocenótico en la reconstrucción de ecosistemas idealizados constituidos por varias estratas de nanofanerófitas y caméfitas.

Ha sido estudiada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile durante varios años. Actualmente se encuentra en la etapa de ensayos de siembra directa y de competencia intraespecífica en la cual ha demostrado excelente aptitud como especie regeneradora de praderas.

Adesmia torcae. Caméfita de escasa estatura que se le encuentra en forma nativa en praderas intensamente utilizadas por ovinos y caprinos durante períodos largos. Su utilización en praderas mejoradas está limitada por su baja productividad. Se comporta como especie disclímax pratense. Es nativa del Norte Chico.

Adesmia pungens. Caméfita de escasa estatura, provista de espinas. Se presenta en forma natural en algunos sectores del secano de la costa del Norte Chico. Sus posibilidades están limitadas por su tamaño y productividad. Interesa principalmente por su hábito de comportarse como una especie clímax.

Adesmia maulinum. Caméfita postrada de regular desarrollo y pequeña estatura. Crece en forma natural en la cordillera de la cuenca del río Maule. Carece de espinas y presenta buenas características como especie forrajera adaptada para la resiembra. Ha sido estudiada desde hace más de una década por la Facultad de Agronomía, pero necesita ser incluída en otros estudios antes de ser considerada definitivamente como una especie recomendada para la resiembra.

Modiola geranioides. Camélita de alta palatabilidad y baja estatura que se desarrolla en la región costera de la provincia de Coquimbo. Su potencial de crecimiento no se conoce por ser intensamente buscada por el ganado que merodea los lugares donde crece. En áreas excluidas del ganado se presenta rápidamente como una especie conspicua y de crecimiento rápido. Es de alta supervivencia en praderas disclímax. No se dispone de suficiente semilla para estudiar su establecimiento por siembra directa ni su desarrollo plantular.

Chiropetalum berterianum. Caméfita pequeña que crece en forma natural en la región de las serranías y en la región costera del Norte Chico. Se le encuentra comúnmente protegida por otras fanerófitas de mayor tamaño tanto en etapas clímax o disclímax. Su estudio podría ser de interés, pues a menudo, se le encuentra enteramente ramoneada.

Kochia brevifolia. Nanofanerófita de crecimiento estival y muy resistente a la sequía. Es una de las primeras especies arbustivas introducidas al país. Aunque su origen es australiano, las primeras introducciones que hizo la Facultad de Agronomía provinieron de Israel. Ha sido intensamente estudiada en el país durante la última década. Los resultados de los estudios concuerdan en indicar que, además de tener una gran tolerancia a la sequía, produce abundante forraje incluso en años secos y en suelos de textura media a pesada.

Se recupera rápidamente después del corte o ramoneo. No es, sin embargo, de alta palatabilidad al ganado doméstico y tiene uno de los índices de aceptabilidad más bajos entre todas las especies arbustivas estudiadas. Cuando el ganado la consume lo hace intensamente, y luego, la especie se recupera rápidamente.

Otra de las características que hacen de esta especie aún más interesante es su habilidad de resembrarse en forma natural. Produce abundante cantidad de semillas pequeñas y muy livianas, las cuales son las responsables de la rápida colonización de áreas adyacentes.

Los estudios de siembra directa realizados por la Facultad de Agronomía indican que está bien adaptada para la resiembra y mejoramiento de praderas. Su germinación, emergencia y crecimiento plantular son rápidos y su desarrollo en etapa adulta es satisfactorio. La mayor dificultad que se presenta para la siembra de la especie en superfi-

cies mayores es la dificultad de cosechar suficiente cantidad de semilla debido a su tamaño y al desgrane natural de las semillas a medida que maduran. Mayor énfasis debería colocarse en este aspecto del desarrollo poblacional tan relacionado con el mejoramiento de praderas.

En suelos alterados o barbechados el establecimiento natural de plántulas es abundante, y en todo caso, mayor que en praderas antiguas y en suelos que no han sido alterados durante varios años.

La ubicación de *Kochia brevifolia* en las sucesiones vegetales no está muy clara aún, pero podría pensarse que se trata de una especie que se comporta muy bien como pionera en suelos problema. Según Malcolm (1967) tiene alta tolerancia a la salinidad, pero no acepta inundaciones.

Atriplex nummularia. Nanofanerófita de hábito erecto que alcanza, a menudo, estaturas superiores a 2,5 a 3,0 m. Es de tronco ramificado y tiene a menudo diámetro considerable. Crece especialmente durante los meses de primavera y verano. Es perenne, de larga vida y presenta alta resistencia a la salinidad, incluso en los valles regados del desierto de Atacama donde la salinidad de los suelos y del agua es a menudo, alta.

Ha demostrado buen crecimiento en la región Central y del Norte Chico, especialmente, cuando se desarrolla en edafotopos favorables tales como suelos aluviales, en laderas y en bajos más aptos. También se desarrolla bien en algunos suelos de profundidad y fertilidad media. *Atriplex nummularia* ha demostrado ser una de las especies mejor adaptadas, es capaz de producir rendimientos muy altos de forraje, y presenta mejores características que otras para la resiembra de terrenos de secano.

Su palatabilidad es alta durante los meses de verano y otoño. Se presta favorablemente para ser utilizada en los períodos críticos de escasez de forraje desde los meses de diciembre a junio. Durante los meses de mayo y junio puede ser utilizada en campos de pariciones de ovinos, quienes las consumen de preferencia. Ocupa los primeros lugares entre las nanofanerófitas que podrían actualmente recomendarse para la resiembra de terrenos de secano.

Los ensayos realizados por la Facultad de Agronomía durante la última década indican que produce abundante cantidad de nueces, pero un porcentaje muy alto de ellas es vano o contiene en su interior semillas no viables. Los ensayos de germinación indican que si logra germinar alcanza buen desarrollo plantular y juvenil. En ambientes abióticos favorables puede alcanzar tamaño adulto en un lapso de dos años y luego ser utilizada directamente por el ganado.

Fue introducida hace diez años por la Facultad de Agronomía desde Israel, pero su centro de origen es Australia. Con anterioridad se hicieron otras introducciones y ensayos de adaptabilidad (Opaso, 1939). Los estudios realizados indican que se adapta al secano de la región del Llano Central y sectores de pendientes suaves de la región de las Serranías. Se adapta también en la región de las Terrazas y Mesetas Litorales como, asimismo, en la región de la Cordillera de la Costa.

Se ha comportado bien en ensayos establecidos en áreas que registran un rango de precipitaciones entre 50 y 1.200 mm. En regiones muy áridas, se comporta mejor en ambientes donde se recibe aporte adicional de agua desde las laderas situadas sobre la planta, es decir, en bajos y quebradas y en la región costera donde existe aporte hídrico adicional a través de las neblinas y camanchacas.

Es de larga vida y acepta ocasionalmente condiciones de sobreutilización y mal manejo. Puede ser el constituyente dominante de mayor estatura en ecosistemas idealizados siempre que con anterioridad a su establecimiento se haya controlado las nanofanerófitas y caméfitas residentes.

Atriplex repanda. Nanofanerófita que se caracteriza porque ramifica abundantemente desde el nivel del suelo lo cual le da apariencia achaparrada. Tiene hojas pequeñas de color verde obscuro, formando un follaje denso y compacto. Tiene una relación alta de hojas y nueces respecto a tallos de los cuales, sólo los más gruesos no son consumibles por el ganado. Toda la vegetación proveniente

del crecimiento anual es utilizada, especialmente, las ramillas más delgadas, las cuales son intensamente consumidas.

Crece durante todo el año, pero la tasa de crecimiento se incrementa considerablemente durante los meses de primavera y verano. Durante el período seco estival continúa creciendo intensamente, a pesar de existir en el suelo potenciales hídricos muy bajos. El tamaño de la planta alcanza normalmente alturas de 40 a 60 cm y diámetro de 50 cm a 1 m.

Entre todas las especies estudiadas *Atriplex repanda* se ha destacado en todos los aspectos como una de las más promisorias para ser incorporadas definitivamente a la praticultura de secano. Esta especie y *Atriplex nummularia* son probablemente dos de las más promisorias. *Atriplex repanda* se presenta como especie atractiva debido al escaso desarrollo del tronco y de las ramificaciones primarias, alta densidad de follaje, resistencia a plagas y enfermedades, buena recuperación después del ramoneo, alta persistencia y baja proporción de tallos. Se adapta a la utilización por herbívoros domésticos, especialmente ovinos y tiene productividad muy alta.

En la literatura aparece mencionada por Opaso (1939) como uno de los arbustos forrajeros habitualmente ramoneados por el ganado y de mayor valor y potencial en las regiones mediterránea con déficit hídricos extremos. Fue colectada en el año 1961 por personal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile e introducida en esa fecha en ensayos y praderas de secano (Gastó y Contreras, 1970).

La especie es nativa de la región del Norte Chico de Chile y actualmente se encuentra en vías de extinción. Sólo se conocen algunos ejemplares sobreutilizados que crecen aisladamente en forma natural en varias localidades situadas entre el río Huasco y Petorca a elevaciones fluctuantes entre el nivel del mar y 800 metros. La causa de su cuasiextinción y la reducción en vigor de esta especie no es otra que la alta palatabilidad y el mal manejo de las praderas donde la especie se desarrolla en forma natural. Actualmente existe en el sector experimental de la Hacienda La Rinconada de Maipú, una decena de hectáreas sembradas o plantadas con esta especie. En otras localidades del Norte Chico también ha sido establecida aunque en superficies más reducidas.

Se desconoce con certeza si realmente se trata de la especie mejor adaptada y más productiva. Sin embargo, ha sido utilizada como especie tipo para estudiar el comportamiento general de los arbustos en la región. Es posible que los resultados encontrados para esta especie permitan inferir su validez en otras especies arbustivas.

Su valor nutritivo es alto y en muchos aspectos es similar al de otras buenas forrajeras tradicionales. Algunos análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía dan en promedio los siguientes valores para muestras cosechadas en septiembre de 1970:

Componente	*Forraje utilizable*	
	Hojas, nueces y tallos	*Hojas*
	..... %	
Proteína cruda	17.95	21.20
Fibra cruda	23.56	11.62
Extracto etéreo	3.17	3.62
Extracto no nitrogenado	41.52	46.16

La productividad de la especie es alta. Hasta la fecha se ha encontrado que el principal factor regulador de la productividad es la densidad de plantas. Durante los primeros años se ha encontrado que densidades más altas son las más productivas. En los años siguientes, los ejemplares que se desarrollan en poblaciones menos densas continúan aumentando de tamaño.

Los antecedentes que se disponen en la actualidad hacen pensar que la densidad óptima de plantas adultas sería superior a 1.500 ó 2.000 individuos por hectárea. La figura 5 indica la relación entre densidad de plantas de 18 meses de edad y la densidad poblacional. Se expresa en base a la productividad individual de biomasa utilizable. La productividad de biomasa individual muestra valores más altos en las densidades bajas y disminuyen a medida que la densidad aumenta.

Densidades extremadamente bajas son también negativas. En algunas poblaciones naturales se mantiene equilibrio poblacional con densidades equivalentes a aproximadamente tres mil individuos por hectárea. La figura 6 indica la misma relación que la anterior pero se expresa en base a la productividad poblacional por unidad de superficie. En ella se

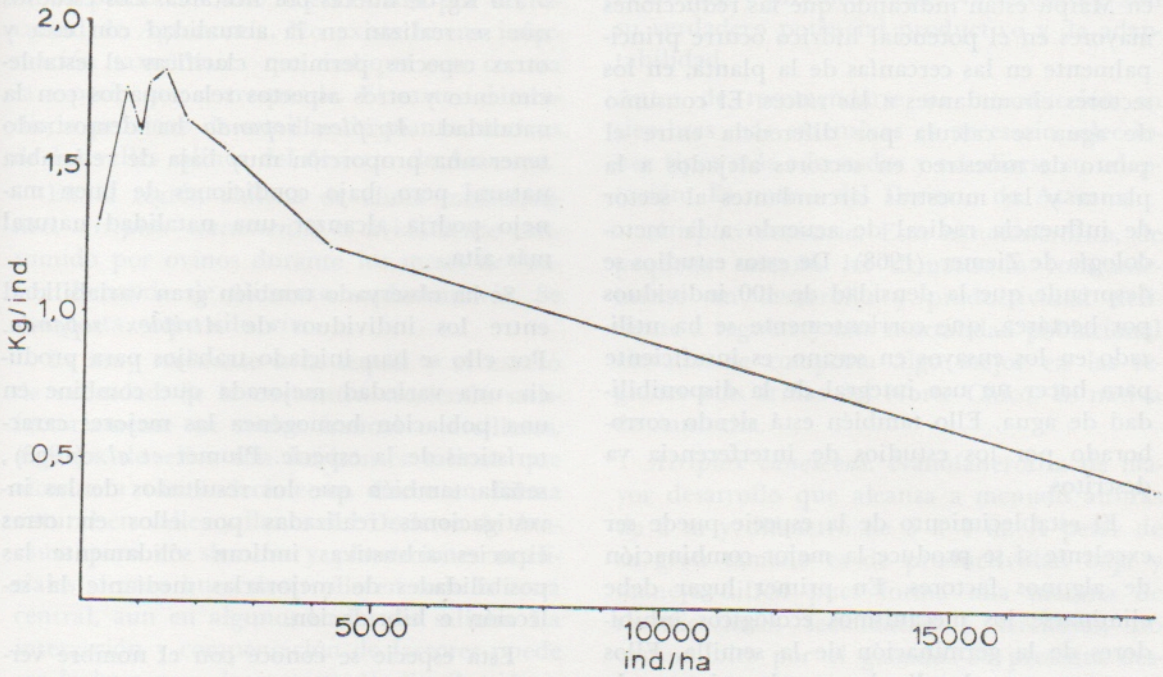

Figura 5. Relación entre la densidad de plantas de *Atriplex repanda* de dieciocho meses de edad y la productividad (Gastó y Caviedes, en preparación).

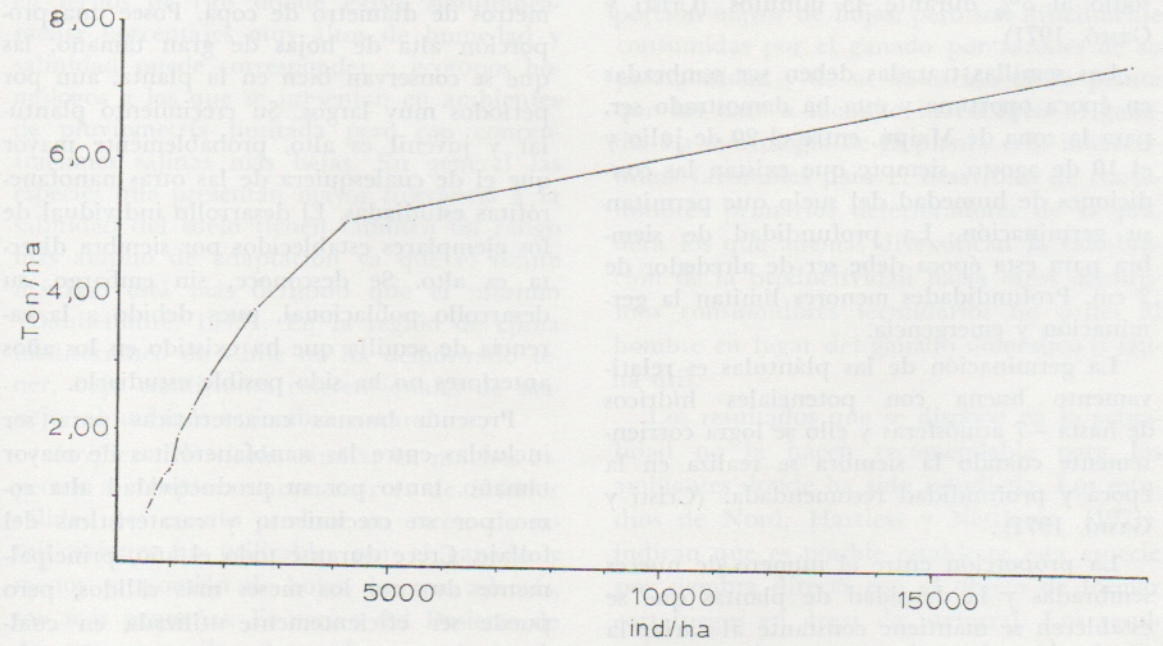

Figura 6. Relación entre la densidad de plantas de *Atriplex repanda* de dieciocho meses de edad y la productividad por unidad de superficie. (Gastó y Caviedes, en preparación).

observa que en plantas jóvenes la productividad poblacional aumenta a medida que se elevan las densidades

Los estudios de consumo hídrico en *Atriplex repanda* que se conducen actualmente en Maipú están indicando que las reducciones mayores en el potencial hídrico ocurre principalmente en las cercanías de la planta, en los sectores circundantes a las raíces. El consumo de agua se calcula por diferencia entre el punto de muestreo en sectores alejados a la planta y las muestras circundantes al sector de influencia radical de acuerdo a la metodología de Ziemer (1968). De estos estudios se desprende que la densidad de 400 individuos por hectárea, que corrientemente se ha utilizado en los ensayos en secano, es insuficiente para hacer un uso integral de la disponibilidad de agua. Ello también está siendo corroborado por los estudios de interferencia ya descritos.

El establecimiento de la especie puede ser excelente si se produce la mejor combinación de algunos factores. En primer lugar debe eliminarse los mecanismos ecológicos inhibidores de la germinación de la semilla. Ellos se encuentran localizados en el pericarpo de la nuez y logran destruirse parcialmente con la inmersión de los frutos en hidróxido de sodio al 5% durante 45 minutos (Cristi y Gastó, 1971).

Las semillas tratadas deben ser sembradas en época oportuna y ésta ha demostrado ser, para la zona de Maipú, entre el 20 de julio y el 10 de agosto, siempre que existan las condiciones de humedad del suelo que permitan su germinación. La profundidad de siembra para esta época debe ser de alrededor de 2 cm. Profundidades menores limitan la germinación y emergencia.

La germinación de las plántulas es relativamente buena con potenciales hídricos de hasta −7 atmósferas y ello se logra corrientemente cuando la siembra se realiza en la época y profundidad recomendada. (Cristi y Gastó, 1971).

La proporción entre el número de nueces sembradas y la densidad de plantas que se establecen se mantiene constante al variar la dosis de siembra. Es, en promedio, de una planta establecida por cada 40 a 100 nueces sembradas (Leighton, Gastó y Cristi, en preparación). Si se siembra en líneas distanciadas a tres o cuatro metros y se aplica una dosis de 300 a 600 nueces por metro lineal es posible establecer una buena pradera con sólo 3 a 6 Kg de nueces por hectárea. Los estudios que se realizan en la actualidad con ésta y otras especies permiten clarificar el establecimiento y otros aspectos relacionados con la natalidad. *Atriplex repanda* ha demostrado tener una proporción muy baja de resiembra natural pero, bajo condiciones de buen manejo podría alcanzar una natalidad natural más alta.

Se ha observado también gran variabilidad entre los individuos de *Atriplex repanda.* Por ello se han iniciado trabajos para producir una variedad mejorada que combine en una población homogénea las mejores características de la especie. Plumer *et al.* (1968), señala también que los resultados de las investigaciones realizadas por ellos en otras especies arbustivas indican sólidamente las posibilidades de mejorarlas mediante la selección e hibridación.

Esta especie se conoce con el nombre vernáculo de "sereno".

Atriplex atacamensis. Nanofanerófita de gran tamaño que alcanza a menudo dos a tres metros de diámetro de copa. Posee una proporción alta de hojas de gran tamaño, las que se conservan bien en la planta, aun por períodos muy largos. Su crecimiento plantular y juvenil es alto, probablemente mayor que el de cualesquiera de las otras nanofanerófitas estudiadas. El desarrollo individual de los ejemplares establecidos por siembra directa es alto. Se desconoce, sin embargo, su desarrollo poblacional, pues debido a la carencia de semilla que ha existido en los años anteriores no ha sido posible estudiarlo.

Presenta buenas características para ser incluidas entre las nanofanerófitas de mayor tamaño, tanto por su productividad alta como por su crecimiento y caraterísticas del follaje. Crece durante todo el año, principalmente durante los meses más cálidos, pero puede ser eficientemente utilizada en cualquier época del año.

La principal desventaja reside en el desa-

rrollo excesivo de ramificaciones primarias y secundarias no accesibles para el ganado.

Existe gran variedad de tipos de esta especie y dentro de éstos uno que por presentar mayor porcentaje de hojas y menor tamaño de la planta ha sido seleccionado por la Facultad de Agronomía. No existe buena información taxonómica que indique con certeza la especie que corresponde. El material estudiado proviene de semillas de plantas nativas de los valles salinos del desierto de Atacama.

En la región chilena de clima mediterráneo, *Atriplex atacamensis* es ávidamente consumido por ovinos durante los meses de mayor demanda de alimento suplementario. Se comporta como silo vivo.

Es muy resistente a la sequía y al exceso de salinidad. Se le encuentra creciendo satisfactoriamente en suelos francos o arcillosos, algunos de ellos con horizontes salinos que alcanza a varios decímetros. Crece en forma natural en valles y llanos del Desierto de Atacama pero en siembra y plantaciones artificiales alcanza buen desarrollo en toda la zona central, aun en algunos suelos no salinos. La interacción y compensación de factores puede ser la base para interpretar la distribución y adaptación de algunas especies (Daubenmire, 1948). La presencia de *Atriplex atacamensis* en lechos de ríos donde existe simultáneamente porcentajes muy altos de humedad y salinidad puede corresponder a ecotopos homólogos a los que se presentan en ambientes de pluviometría limitada pero con concentraciones salinas más bajas. En general las especies que presentan mayor tolerancia a la salinidad del suelo tienen también un rango más amplio de adaptación ya que el límite máximo está más definido que el mínimo (Daubenmire, 1948). En la región de clima mediterráneo de Chile no ha demostrado tener, bajo condiciones convencionales de manejo, abundante resiembra natural.

Atriplex deserticola. Similar en muchos aspectos a *Atriplex atacamensis* es de inferior calidad por cuanto produce un exceso de ramificaciones no utilizables por el ganado y menor proporción de hojas, las que además, son más pequeñas. Es nativo del Desierto de Atacama y recibe el nombre vernáculo de "pipaya" o "cachiyuyo".

Atriplex madariagae. Similar en muchos aspectos a *Atriplex atacamensis.* Presenta algunas ventajas sobre éste en lo que se refiere a su menor tamaño, pero de elevado polimorfismo. Algunos ejemplares alcanzan buen desarrollo y productividad. No se conoce aún su verdadero potencial productivo y de adaptabilidad.

Antes de recomendarse su introducción en siembras más extensivas es necesario seleccionar tipos más adecuados y estudiarse su adaptación. Es nativo del Desierto de Atacama.

Atriplex vesicaria. Esta nanofanerófita, de pequeño tamaño ha demostrado constantemente un desarrollo y productividad deficiente a regular y una mortalidad poblacional elevada. Se comporta algo mejor en las regiones más áridas del Norte Chico. Es nativa de Australia.

Atriplex canescens. Nanofanerófita de mayor desarrollo que alcanza a menudo alturas de 2 m y diámetro de 3 a 4 m. A pesar de su gran tamaño es de productividad baja y manejo difícil pues forma una maraña de ramificaciones secundarias y terciarias, no consumibles por el ganado. Se presenta desprovista de follaje, excepto en la periferia de la copa.

Durante los meses de verano tiene una proporción mayor de hojas, pero son difícilmente consumidas por el ganado por razones de su palatabilidad y de su ubicación en la planta que las hace a menudo inaccesibles al ganado. La morfología de la planta crea microhábitats favorables para el desarrollo de consumidores primarios deterioradores de la pradera los que además diversifican la canalización de la productividad hacia otros organismos consumidores secundarios no útiles al hombre en lugar del ganado doméstico o fauna útil.

Los resultados que se dispone en la actualidad no la hacen recomendable para los ambientes donde ha sido estudiada. Los estudios de Nord, Hartless y Nettleton (1971) indican que es posible establecer esta especie por siembra directa con el objeto de formar cortafuegos en áreas de matorral. Los resultados negativos que se han obtenido de los estudios en el país pueden interpretarse como

al empleo de ecotipos no adaptados al medio o a una intensidad de utilización muy baja, por lo cual se ha estimulado un desarrollo excesivo de la biomasa de tallos no productores de forraje.

Teucrium bicolor. Nanofanerófita de poca estatura y crecimiento. Se caracteriza por presentar alta persistencia por lo cual debe ser considerada como especie que se comporta como clímax. Se presenta en forma abundante en el sotobosque del matorral arbóreo-arborescente de la región de las Serranías, en la Cordillera y en la Precordillera de la Costa, prosperando en una amplia gama de ambientes abióticos y desarrollándose en altitudes elevadas. Los ambientes donde se le encuentra, coinciden frecuentemente en dos aspectos: la semisombra y la alta pendiente del terreno. A menudo, se desarrolla en quebradas.

La tolerancia a la sombra y la alta persistencia en la fitocenosis hacen de esta especie propicia para el desarrollo de comunidades vegetales pluriestratificadas. La resistencia al ramoneo de herbívoros domésticos como, asimismo, de la vida silvestre la ubican en un lugar privilegiado entre las nanofanerófitas más promisorias.

Su crecimiento individual es más bien moderado. Los estudios realizados indican que existen diferencias marcadas entre individuos, en relación a su crecimiento y desarrollo y, por lo tanto, una selección de ejemplares que tengan alta tasa de crecimiento podría incrementar apreciablemente su productividad.

Las dificultades de obtener suficiente cantidad de semilla de buena calidad no han permitido hasta la fecha hacer estudios de resiembra.

Una de las características más interesantes de este especie es que pertenece a la familia Labiatae. Es la única especie estudiada de esta familia que ofrece aptitudes como planta forrajera. Es nativa y está siendo estudiada en regiones de pluviometría limitada.

Carica chilensis. Arbusto de corteza cenicienta que alcanza alturas variables desde 2,5 m en los lugares más favorecidos de clima y suelo en la provincia de Aconcagua hasta 0,5 m al norte de la provincia de Coquimbo. Su forma vital corresponde a nanofanerófita.

En la zona donde se desarrolla naturalmente ha sido usada en forma corriente durante los años secos como suplemento alimenticio para ovinos, caprinos, asnales, cerdos y aves, como asimismo de otras especies. La parte aérea no es consumida por los animales domésticos. La raíz, sin embargo, ha demostrado ser un buen alimento. Para ello se procede a desenterrar la raíz pivotante engrosada, que llega a pesar hasta 30 o más Kg, se secciona y luego es suministrada al ganado.

El valor nutritivo de la raíz que consume el ganado es en algunos aspectos similar al de la coseta de remolacha. La constitución alimenticia expresada en base a materia seca, sin incluir algunas sustancias alimenticias volátiles que existe en la raíz, es la siguiente de acuerdo a análisis realizados en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile en agosto de 1970:

Componente	*Porcentaje*
Proteína cruda	6,32
Fibra cruda	23,79
Extracto etéreo	1,24
Extracto no nitrogenado	54,99

El valor potencial de esta especie reside en que constituye un valioso recurso durante la época de mayor escasez y en los años de sequía extrema. El mal uso que se ha hecho de este recurso, consistente en la extracción desmesurada de ejemplares adultos, ha significado una mortalidad ecológica superior a la natalidad de la especie, con lo cual se ha reducido considerablemente durante los últimos años la densidad poblacional. En muchos lugares la especie se encuentra extinguida o en vías de extinguirse.

Crece normalmente en sectores planos o laderas orientadas al norte lo cual hace presumir que es ávida de luz o temperatura. Se le encuentra corrientemente, en lugares situados desde el nivel del mar hasta 400 m de altitud.

Se desconoce la tasa de crecimiento de esta especie y ello se ha debido a las dificulta-

des presentadas en la germinación de las semillas. Sólo durante los últimos meses, en el año 1971, ha sido posible obtener algunas plántulas con lo cual se espera resolver esta incógnita. Si su tasa de crecimiento fuera satisfactoria podría llegar a convertirse en un valioso recurso forrajero y considerársele como la remolacha del desierto. Es por lo tanto, una especie que puede ser clasificada en la categoría de silo vivo (Gastó y Contreras, 1970).

Como se trata de una planta que, para utilizarse, debe extraerse la raíz y por lo tanto, destruirse, es menester primeramente conocer más a fondo los mecanismos reguladores de la germinación y los factores que inciden en su establecimiento. Dentro de estos aspectos la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile se encuentra abocada a resolver este problema. Dado los antecedentes que se han expuesto y a las observaciones realizadas en la zona de la costa y algunos sectores de las serranías de las áreas deficitarias de humedad se considera esta especie de suma importancia y posiblemente de un potencial muy alto para resolver los problemas de manejo y utilización de los recursos naturales renovables de aquellas áreas. Asimismo, debe estudiarse la tasa de crecimiento de la biomasa con el objeto de determinar su valor como planta forrajera.

Bridgesia incisaefolia. Nanofanerófita decidua y de gran tamaño que alcanza en etapa adulta estaturas de hasta 2 m. Se encuentra en forma natural en varias regiones del Norte Chico, en biocenosis que han alcanzado algún tipo de clímax donde las precipitaciones medias anuales son cercanas o mayores de 150 mm. En zonas muy áridas sólo se le encuentra en quebradas o lugares protegidos donde existe escurrimiento superficial o profundo del agua de lluvia desde las laderas más altas. También se le encuentra en la precordillera de la Zona Central.

Se le encuentra a menudo intensamente ramoneada y sólo logran persistir aquellos ejemplares protegidos por individuos de otras especies espinosas o impalatables, bajo rocas y en laderas escarpadas u otros lugares inaccesibles al ganado.

Los suelos donde se desarrolla en forma natural son a menudo coluviales y profundos pero de fertilidad baja. La textura es franca a arcillosa.

Actualmente se dispone de algunos ejemplares jóvenes que están siendo estudiados tanto en lo que se refiere a su tasa de crecimiento como de productividad. Las semillas que produce son de gran tamaño, alcanzando diámetros de 5 a 6 mm y presentan buena germinación. Al caer al suelo después de su maduración son frecuentemente consumidas por roedores, lo cual dificulta su reproducción natural.

Es nativa del Norte Chico y Zona Central. No ha sido aún suficientemente estudiada. Su nombre vernáculo es "rumpiato".

Fuchsia lycioides. Nanofanerófita decidua que alcanza alturas medias de alrededor de 2 m. Nativa de la región costera de las provincias de Valparaíso, Aconcagua y Coquimbo. En la actualidad se le encuentra principalmente alrededor de quebradas y bajos, por lo cual se presume que se trata de una especie que presenta cierta afinidad con el suelo y clima que existe en esos hábitat. Crece en suelos pesados a francos y de profundidad media a profundos. Sin embargo, su rango de adaptabilidad es muy amplio.

Los ejemplares de esta especie son frecuentemente consumidos por el ganado que ramonean las hojas y ramificaciones más tiernas. La planta se caracteriza por presentar crecimiento erecto con escasas ramificaciones primarias y secundarias. Produce abundante cantidad de semilla.

Su incorporación a la agricultura podría ser de interés si su productividad fuese alta. Se trata de una especie perteneciente a la familia Onagraceae adaptada a microhábitats muy especiales, de densidad vegetacional alta y hábito de crecimiento erecto. Todas estas características podrían hacer de esta especie particularmente interesante en el desarrollo de praderas polífitas idealizadas.

No se tiene en la actualidad suficiente información con respecto a esta especie pero los estudios a que está siendo sometida permitirán en un período corto entregar información acerca de esta planta, aparentemente de gran interés para el desarrollo de las praderas de zonas áridas. Aparentemente es de menor tasa

de crecimiento que la mayoría de las Chenopodiacese estudiadas.

Sus nombres vernáculos son: "palo falso" y "palo de yegua".

Caesalpinia angulicaulis. Nanofanerófita pequeña, corrientemente de estatura cercana a los 30 ó 50 cm. Es extremadamente resistente a la sequía pero poco resistente a la salinidad. Crece en forma natural en la región Costera y de las Serranías en áreas donde la precipitación anual oscila entre las isoyetas de 30 hasta 150 mm. Se le encuentra en suelos de la más variada textura desde arenosos a arcillosos y a menudo con un alto contenido de calcio.

La planta es decidua y se desarrolla en etapas sucesionales avanzadas. Durante la estación de las lluvias produce abundantes hojas las que se mantienen mientras dura la humedad en el suelo. Produce semillas circulares y aplanadas de 6 mm de diámetro, las cuales germinan bien.

El ganado consume las ramas más tiernas de esta especie. Por su extremada resistencia a la sequía y debido a su amplia adaptabilidad a diversos suelos cuando se desarrolla en fitocenosis en estapa clímax, se presenta como una especie de gran interés para la resiembra de praderas en regiones de pluviometría muy limitada. Su capacidad de crecer en suelos muy pobres y en fitocenosis donde no existe competencia de otras nanofanerófitas la hace aún más interesante. Su productividad no se conoce, pero se han observado tasas de crecimiento más bien bajas.

Ephedra andina. Es una nanofanerófita de tamaño muy variable de acuerdo a la zona donde se desarrolla y a la intensidad de utilización por el ganado. En las praderas deterioradas de la región mediterránea árida y semiárida alcanza sólo algunos centímetros de estatura, pues el ganado logra mantenerla casi al nivel del suelo y es una de las pocas especies deseables que logra persistir a pesar del sobre uso. En praderas bien manejadas y en exclusiones forma a menudo cojines vegetacionales de diámetro variables alcanzando hasta 3 ó 4 m de largo y 1,30 m de altura. Se comporta ocasionalmente como trepadora y en fitocenosis donde existe una estrata de arbolillos a menudo logra escapar del ramoneo excesivo debido a su capacidad de desarrollarse utilizando como soporte y protección a otras especies de estatura superior a la que alcanza el ramoneo de los animales.

El aspecto de la planta no es indicativo de ser un buen recurso de ramoneo. Sin embargo, los resultados obtenidos a través del manejo de praderas, indican que se trata de una especie bien adaptada para producir forraje en regiones deficitarias de humedad. Es de crecimiento lento en el medio natural donde se desarrolla pero debido a su mejor crecimiento en ambientes modificados y al amplio rango de tolerancia a diversos suelos y climas se presenta como una especie de interés en la resiembra de praderas de nanofanerófitas y caméfitas. Su nombre vernáculo es "pingo-pingo".

Baccharis racemosa y *B. paniculata.* Son nanofanerófitas pequeñas que alcanzan comúnmente alturas no superiores a 60 cm en praderas naturales utilizadas por animales domésticos. La remoción del forraje que produce el ganado doméstico es responsable del escaso tamaño que presenta la especie, a pesar que en exclusiones logran alcanzar alturas muy superiores.

Son abundantes en biocenosis bien manejadas de la región Central y del Norte Chico. Se les encuentra constituyendo una proporción alta del valor relativo de importancia de su estrata. A medida que la pradera se deteriora su importancia relativa disminuye y son reemplazadas por otras especies menos deseables. Son los únicos representantes del género que han demostrado buenas características pratenses de persistencia, productividad y adaptación a la zona que recibe precipitaciones inferiores a 250 mm. Se desarrolla bien además, en regiones que reciben precipitaciones superiores a la cifra indicada. Se les ha encontrado creciendo en los suelos de la más variada textura y orígenes desde arenosos a arcillosos. Son más abundantes en sectores excluidos o bajo la protección de otros arbustos que no permiten la utilización intensiva de estas compuestas.

El amplio rango de tolerancia a los factores físicos del ambiente de las especies que representan al género *Baccharis* en la región deficitaria de humedad de Chile Central, ha-

ce pensar que se trata de especies interesantes. La mayoría de las especies de este género se desarrollan en hábitats muy diversos y presentan biomasas y productividades elevadas pero, en general, no son utilizadas por el ganado ni su productividad es canalizada hacia el hombre. Un ejemplo, de una especie de alta productividad pero no utilizable por el ganado es *Baccharis concava*.

Purshia tridentata. Es una nanofanerófita nativa de la región templada occidental de Norteamérica. Los ensayos realizados por la Facultad de Agronomía durante diez años han indicado que la tasa de crecimiento y productividad es muy baja. No se recomienda para la resiembra de terrenos de secano, incluso en regiones de precipitaciones cercanas a los 300 mm. Otros ecotipos de esta especie debieran ser estudiados ya que según Plummer *et al* (1968) existen varios ecotipos de esta especie, algunos de ellos de mayor productividad.

Cristaria hispida y *C. glaucophylla*. Nanofanerófitas que alcanzan, comúnmente alturas de 0,50 a 0,60 m de altura. Son más abundantes en los suelos arenosos situados de Los Vilos al norte. Durante varios años han sido estudiadas en el secano del Llano Central donde han demostrado regular crecimiento y adaptabilidad pero palatabilidad muy alta para los ovinos.

En forma natural sólo se encuentran en exclusiones naturales, a la orilla de la carretera u otros lugares donde el ganado no tiene acceso. Su ausencia, tan conspicua en praderas utilizadas normalmente por ganado puede interpretarse como causada por un mal manejo o utilización para la especie, La adaptación edáfica y climática de estas especies es coincidente en algunos sectores con la de *Chenopodium paniculatum* aun cuando las Malvaceae se desarrollan en una etapa sucesional más avanzada y su tasa de natalidad es menor. Otra especie, *Atriplex coquimbana* se encuentra presente también en las mismas biocenosis aunque su rango de tolerancia ambiental es diferente.

Cordia decandra. Es una nanofanerófita productora de frutos consumibles por el hombre y el ganado. El follaje, sin embargo, no es apetecible. A ello se debe, probablemente, su abundancia en la provincia de Coquimbo donde crece desde el nivel del mar hasta la región de las Serranías. Se presenta en etapas sucesionales avanzadas. La semilla tiene un alto poder germinativo y produce plántulas de gran vigor y desarrollo inicial.

El interés principal de esta especie reside en su capacidad productora de frutos consumibles. Con ello, además de contribuir a elevar la productividad neta de la fitocenosis, se puede introducir un elemento cuyo follaje no sea ramoneado y que aporte una diversificación de la dieta del consumidor primario. Fuera de ello incrementa la complejidad del ecosistema que, como se ha dicho, es uno de los mecanismos reguladores de las poblaciones y controladores de los invertebrados consumidores primarios.

Oxalis gigantea. Es una nanofanerófita que alcanza 0,60 m de altura, nativa de la región costera de la provincia de Coquimbo. En el sector sur de su área de distribución es intensamente consumida por el ganado, aunque ocasionalmente se le atribuye un efecto abortivo al ganado que la consume en ciertas épocas del año. Es una de las pocas especies pratenses de cierto valor que se encuentra en una zona del país donde un alto porcentaje de las praderas está en estado degradado. En el límite norte de su área de distribución el valor relativo de importancia de esta especie llega, a menudo, a ser muy alto. Ello se debe, probablemente, a la ausencia de ganado doméstico.

El valor forrajero de esta especie no está bien conocido pero presenta algunas características interesantes que hacen aconsejable su estudio. Actualmente se le está multiplicando en condiciones de invernadero con el objeto de conocer su comportamiento, desarrollo y adaptación.

Se desarrolla en comunidades que se encuentran en etapa de equilibrio y crece a menudo entre otras especies arbustivas. Su nombre vernáculo es "churco".

Adesmia cinerea. Es una nanofanerófita de crecimiento erecto y sin espinas. Produce escasa cantidad de hojas y es de desarrollo muy lento para ser una especie de valor en la regeneración de praderas poliestratificadas. A pesar de crecer en forma natural en regio-

nes de pluviometría muy baja, especialmente en el norte de la provincia de Coquimbo, incluso inferior a los 50 mm al año, no es de gran valor debido a que, incluso en regiones que registran precipitaciones mayores, su productividad es insuficiente. En los ensayos realizados por la Facultad de Agronomía ha demostrado siempre productividad muy baja, inferior a otras especies adaptadas a la región mediterránea árida y semiárida. Sus nombres vernáculos son: "jarilla" y "varilla mansa".

Adesmia arborea. Al igual que la especie anterior es una Papilionaceae nanofanerófita de mayor tamaño que alcanza, a menudo, alturas de 1,70 m. Es de crecimiento y productividad baja por lo cual además de tener gran cantidad de espinas, se presenta como una especie inferior a otras estudiadas. Ha sido ensayada durante varias temporadas y los resultados que se dispone en este momento indican que se trata de una especie no recomendable para ser considerada en resiembra de praderas de secano. El ganado ramonea moderadamente parte de su follaje.

Sus nombres vernáculos son: "palhuén" y "varilla brava".

Adesmia pearcei. Esta nanofanerófita de 0,60 m de altura ha sido estudiada durante varias temporadas por la Facultad de Agronomía. El material original fue colectado en lecho de río en la provincia de Bío-Bío. Su crecimiento en el sector experimental de secano durante los últimos diez años, ha demostrado ser exiguo, con una bajísima proporción de hojas, baja productividad y no apetecible por el ganado. No es recomendable su introducción como especie adaptada para la resiembra de praderas poliestratificadas en ambientes deficitarios de humedad.

Prosopis chilensis. Es una microfanerófita nativa de la región central y norte del país. Ha sido mencionada entre los mejores recursos forrajeros para el ganado en la región árida, especialmente en suelos donde existe napas subterráneas de agua a profundidades no muy marcadas. Los ensayos conducidos durante los últimos doce años por la Facultad de Agronomía indican que produce un forraje apetecible por el ganado. Tanto las hojas más bajas, que se encuentran al alcance del animal, como las vainas y semillas que caen al suelo son buscadas y ávidamente consumidas por el ganado.

La especie se adapta bien en los lugares donde ha sido ensayada y no se reproduce en forma natural, como ocurre frecuentemente con otras especies del mismo género nativas de la América del Norte. Su desarrollo y crecimiento es satisfactorio durante los primeros años pero su productividad, expresada en materia seca por unidad de superficie, es baja en relación a la obtenida con otras especies.

Prosopis tamarugo. Es una microfanerófita endémica de la región de la Pampa del Tamagural, en la provincia de Tarapacá, donde ha demostrado tener excelente adaptabilidad al ambiente y productividad muy alta. Los estudios realizados con esta especie en la región mediterránea, en cambio, no han tenido éxito. Generalmente los ejemplares estudiados han fracasado en su etapa de plántula o de planta joven. Dado los antecedentes de esta especie parecería aconsejable continuar con su estudio en la región mediterránea.

Maytenus boaria. Esta especie es una microfanerófita que alcanza a menudo hasta 4 a 5 m de estatura. Es una de las especies nativas que tienen un rango mayor de distribución de norte a sur del país. En el extremo norte se le encuentra de preferencia en sectores que reciben aportes extras de agua provenientes de escurrimiento superficial de laderas más altas. Soporta bien la competencia de otras especies y a menudo ambientes de semisombra.

Su follaje es intensamente consumido por el ganado hasta la altura que alcanza con su aparato bucal. Produce también abundante semillas que son consumidas por la vida silvestre. Existe aparentemente gran polomorfirmo entre los ejemplares de esta especie presentándose una gradación desde los que producen una alta proporción de hojas hasta los que producen alta proporción de frutos.

Se conoce muy poco del cultivo de esta especie excepto lo que proviene de la mera observación de ejemplares naturales. Aparentemente su productividad es alta, pero la localización de ella la hace inaccesible al ga-

nado. La introducción de esta especie en el mejoramiento de praderas debería ir acompañada del manejo del follaje mediante la poda con el objeto de reducir la altura de la copa. Sus características la hacen una de las más interesantes para el mejoramiento de praderas.

Acacia caven. Es una microfanerófita que logra alcanzar alturas de hasta 4 a 5 m y tomar el aspecto de un arbolillo. Frecuentemente, debido a los continuos cortes a que está sometida, se transforma en un arbusto de alrededor de dos metros de altura. Forma, a menudo, comunidades casi monófitas y logra mantenerse como dominante permamente de la comunidad en estado subclímax.

Presenta tasas de natalidad muy altas, las que hacen que la especie en corto plazo logre invadir totalmente el campo. La calidad elevada de la madera para leña y carbón hacen que esta especie se mantenga raleada en forma permanente, aunque al menor descuido se produce nuevamente una reinvación.

No es una buena especie forrajera, pues su productividad es baja y el follaje es raramente consumido por el ganado, quien cuando lo hace sólo consume algunos de los brotes más tiernos. Las semillas cuando son consumidas por el ganado pasan frecuentemente a través del tracto digestivo sin ser digeridas, lo cual, además de no contribuir al aporte alimenticio del animal contribuyen a la diseminación en el campo.

En ambientes con disponibilidades limitadas de alimento, los ovinos y especialmente los caprinos hacen un uso intensivo de esta especie. Durante el período seco estival y en los años de mayor déficit hídrico, esta especie proporciona un valioso recurso alimenticio como son las ramillas y los frutos.

RESUMEN

El Programa de Investigación en arbustos forrajeros lo inició la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile en el año 1959, con la colección de plantas forrajeras nativas. Se colectaron diseminulas de hierbas y pastos anuales y perennes, como asimismo de arbustos y árboles forrajeros. Con posterioridad a ello, en 1962, después de estudiar el comportamiento de varias nanofanerófitas nativas se inició un programa integral de investigación para determinar la adaptabilidad de las especies que presentan esta forma vital.

El estudio ha sido dividido en cuatro partes las cuales se analizan separadamente. La primera de ellas, corresponde a la colección de diseminulas de especies nativas y a la introducción de otras de origen foráneo. Se han hecho amplias colectas de caméfitas y nanofanerófitas nativas de la región mediterránea árida y semiárida de Chile Central. Todas ellas se caracterizan, además de lo expuesto más arriba, por ser una fuente de alimento para el ganado y, ocasionalmente para el hombre. Algunas de ellas, presentan valores de importancia relativa muy reducidos a causa del mal uso a que han sido sometidas durante las últimas decadas. Presentan características agronómicas o pratenses de interés para la resiembra y mejoramiento de regiones mediterráneas de pluviometría limitada.

La mayoría de las especies se desarrollan en áreas con precipitaciones medias anuales que fluctúan entre márgenes de 50 y 400 mm. Se han considerado también otras zonas que reciben precipitaciones inferiores a ella, cercanas a cero mm, como asimismo, regiones más favorecidas que presentan pluviometrías mayores, de hasta 1.200 mm al año.

Algunas de las especies de caméfitas más promisorias son: *Cheponodium paniculatum, Atriplex coquimbana* y *Adesmia maulinum*. Entre las nanofanerófitas puede mencionarse: *Atriplex repanda, A. atacamensis, A. deserticola, Carica chilensis, Bridgesia incisaefolia, Fuchsia lycioides, Caesalpinia angulicaulis, Ephedra andina* y *Baccharis paniculata*. Entre las microfanerófitas, *Maytenus boaria* merece especial mención. Las especies introducidas más sobresalientes son: *Atriplex semibaccata, A. nummularia* y *Kochia brevifolia*.

En la segunda parte del estudio se analizan los factores que inciden en la germinación de las semillas de las especies consideradas. Se han estudiado los factores ambientales y aquellos relacionados con la anatomía y estructura de los frutos con el objeto de clarificar los mecanismos reguladores de la

germinación. La mayoría de estos estudios se han hecho en *Atriplex repanda* y *A. semibaccata.*

La tercera etapa es la de establecimiento. Las especies más promisorias, tanto nativas como introducidas, han sido establecidas por siembra directa en varios lugares en la región mediterránea de Chile Central. Se han analizado durante varios años los factores que tienen influencia en el establecimiento de los arbustos forrajeros y se conoce la relación entre cada uno de ellos y el desarrollo individual y poblacional. En la actualidad se está dando especial énfasis a este punto con el objeto de clarificar este aspecto que limita la propagación de las especies arbustivas.

En la cuarta y última parte se estudia el comportamiento de organismos adultos. El trabajo se ha concentrado principalmente en esta materia. Todas las especies han sido, primeramente, analizadas en relación a su reacción como organismos que han alcanzado su desarrollo completo y en relación al ecotopo donde se desea utilizarlas. Las especies más promisorias han sido seleccionadas y sólo éstas han sido estudiadas para conocer sus características de establecimiento y desarrollo.

La mayor atención se ha puesto en el estudio de ecosistemas idealizados con varias estratas de vegetación. Con el objeto de lograrlo se están formando nuevos ecosistemas que reproducen la fisionomía del matorral natural del área, simultáneamente con la introducción de otras modificaciones antropogénicas que reproducen el funcionamiento y la estructura, similares a los ecosistemas naturales. Todo ello está orientado al incremento de la productividad neta del ecosistema y su canalización hacia el hombre.

Se analiza simultáneamente la productividad de ecosistemas modificados que tienen básicamente dos estratas: una de nanofanerófitas y otra de terófitas, en relación a la época de utilización y la fertilización de las praderas. Otros estudios incluyen la determinación del balance del ecosistema, efectos de elementos nutritivos en el suelo, interferencia intraespecífica, interespecífica e interestrata, valor nutritivo para el animal y la adaptación de especies, variedades y ecotipos al ambiente natural de Chile. Esto incluye rangos de precipitación desde 50 mm a 1.200 mm al año y variaciones altitudinales desde el nivel del mar hasta los faldeos de la Cordillera de los Andes.

Se ha utilizado como especie-tipo para realizar los estudios en arbustos forrajeros a *Atriplex repanda.* Esta especie presenta características muy promisorias para la resiembra, alta productividad y es nativa. Muchos de los resultados obtenidos en los estudios donde se incluye esta especie son indicativos de la proyección que pueden tener otras especies de forma vital similar, en el desarrollo y mejoramiento de las zonas áridas.

SUMMARY

The research program on useful range shrubs was initiated in 1959 by the School of Agriculture of the University of Chile when a national collection of native forage plants was started. Seeds of annual and perennial forbs and grasses, as well as forage shrubs and trees were collected. Sometime later, in 1962, after studying the behavior of certain shrubs, an integrated research program was started.

The program has been divided into four parts, which are separately studied. The first part corresponds to the collection of disseminules of native species and the introduction of others from abroad.

Broad collections of chamaephytes and nanophanerophytes, native of the arid and semi-arid Mediterranean zone of the central part of Chile, have been made. All of them are known, besides what has been said before for being a source of food for livestock and occasionally for human beings. Some of them develop on ranges which have been poorly utilized during the last decades and so have a reduced relative importance value. They could, however, because of their characteristics be of interest in the improvement of Mediterranean ranges. Basically most of those species that livestock browze normally grow in an area which has a mean annual precipitation between 50 and 400 mm.

The study also includes areas which register precipitation below those values

near to zero mm, as well as others which register annual precipitation larger than 1200 mm. The most promising chamaephytes are *Chenopodium paniculatum, Atriplex coquimbana,* and *Adesmia maulinum. Among* the nanophanerophytes, the following ones could be mentioned: *Atriplex repanda, A. atacamensis, A. deserticola, Carica chilensis, Bridgesia incisaefolia, Fuchsia lycioides, Caesalpinia angulicaulis, Ephedra andina,* and *Baccharis paniculata.* Among the microphanerophytes *Maytenus boaria* deserves special mention. The most outstanding introduced species are *Atriplex semibaccata, A. nummularia* and *Kochia brevifolia.*

The second part of the study deals with the analysis of the factors which regulate germination. The environmental factors and those related with the anatomy and structure of the fruits have received special attention. Most of these studies have been conducted on *Atriplex repanda* and *A. semibaccata* fruits and seeds.

The third part is related with the establishment of these species. The most promising native and introduced species have been established by direct sowing in several places in the Mediterranean zone of the central part of Chile. Those factors which have influence in the establishment of useful shrubby plants have been analyzed during several seasons and each one is known through their influence on the plants, both in an isolated way and interacting with the others. Presently, special emphasis is given to this point in order to clarify this aspect which limits the propagation of useful shrubby species.

The fourth and last part deals with the study of adult organisms. The work has mostly been concentrated on this subject. All species has been first analyzed in relation to their reaction as fully developed organisms in the environment where they live. The most promising ones have been selected, and only those have received special treatment to know their germination and establishment characteristics.

The greatest attention has been centered on the study of idealized ecosystems with several strata of vegetation. In order to accomplish that, new ecosystems have been built reproducing the physiognomy of the natural matorral (chaparral) of the area, as well as the introduction on them of other antropogenic modifications, which reproduce structure and functioning similar to natural ecosystems and oriented toward increasing net productivity.

Simultaneously, the total productivity of modified ecosystems, which basically have two strata, one of nanophanerophytes and another of therophytes, is analyzed in relation to modifications in season and intensity of utilization and fertilization of the range. Other studies include the determination of hydric balance in the ecosystem, effect of nutritive elements in the soil, intraspecific interspecific and interstrata interference, nutritive value for the animal, and varieties and ecotypes adaptation to the natural environment of Chile. This includes a precipitation range which goes from 50 to 1200 mm per year and an altitudinal range which covers the coast to the foothills of the Andes cordillera.

Most of the studies have been conducted with *Atriplex repanda* as a species type. This plant has promising characteristics for reseeding, high productivity and is a native of the area. Many of the results where this species is included are indicative of the projection which could have other species of similar life form in the development and improvement of arid zones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada en la realización de los trabajos de campo al Práctico Agrícola Sr. Jorge Valdivia, funcionario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile.

Además, se reconoce la participación de colegas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile y de otras instituciones que, a través de muchos años de labor, han acumulado antecedentes técnicos que han servido para la preparación de este trabajo.

Finalmente, el reconocimiento al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) Zona Sur por su contribución al financiamiento de esta publicación.

BIBLIOGRAFIA

ALLE, C. W. y T. PARK. 1939. Concerning ecological principales Science 89: 166-169.

BEY-BIENKO, G. Y. 1961. On some regularities in the changes of the invertebrate fauna during utilization of virgin steppe. Rev. Entomol, U.R.S.S. 40 : 763-775.

BISWELL, H. H. 1954. The brush control problem in California. J. Range Management 7: 57-62.

BURBRIDGE, N. T. 1945. Germination of australian chenopodiaceae with special reference to the conditions necessary for regeneration. Trans. Roy. Soc. South. Australia 69: 73-85.

CAIN, S. A. 1947. Characteristics of natural areas and factors in their development. Ecol. Monographs 17: 185-200.

COOK, S. F. 1959. The effect of fire on a population of small rodents. Ecology 40: 102-108.

CRISTI A., A. y J. GASTO C. 1971. Alteraciones ambientales y del fruto en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. Univ. Chile, Fac. Agron. Est. Exper. Agron. Bol. Tecn. 34: 25-40.

DAUBENMIRE, R. F. 1948. Plants and environment. John Wiley and Sons. N. Y. 424 pp.

DONALD, C. M. 1961. Competition for light in crops and pastures. Soc. Exp. Biol. Symp. 15: 282-313.

FERGUSON, R. B. y J. V. BASILE. 1967. Effect of seedling numbers on bitterbrush survival. J. Range Management 20: 380-382.

GASTO C., J. y E. CAVIEDES DE LA R. (En preparación) Interferencia intraespecífica en *Atriplex repanda* Phil.

GASTO C., J. y D. CONTRERAS T. 1970. Panorama de las praderas de secano en el sector Centro-Norte de la región mediterránea de Chile. Primeras Jornadas Interdisciplinarias de Estudio de las Zonas Aridas del Norte de Chile. Plandes: 76-96.

GASTO C., J. y S. LAZEN R. 1966. Establecimiento de falaris en secano. Univ. Chile, Fac. Agron. Est. Exper. Agron. Bol. Tecn. 23. 17 pp.

GAUSE, G. F. 1934. The struggle for existence. William and William. Baltimore 163 pp.

GERDING P., M. 1970. Factores ambientales e internos en el establecimiento de pasto salobre *(Atriplex semibaccata* R. Br.) Tesis Fac. Agron. Univ. Chile. 92 pp.

GLENDENING, G. E. 1952. Some quantitative data on the increase of mesquite and cactus on desert grassland range in southern Arizona. Ecology 33: 319-328.

GLENDENING, G. E. y H. A. PAULSEN. 1955. Reproducction and establishment of velvet mesquite as related to invasion of semidesert grasslands. U.S. Dept Agr. Tech. Bul. 1127. 50 pp.

HARLAN, J. R. 1959. Plant exploration and the search for superior germplasm for grasslands. pp. 3-11. En: H. B. Sprague (ed) Amer. Ass. Advancement Science. Public. 53. 406 pp. Wash. D.C.

HARLAN, H. V. y M. L. MARTIN. 1938. The effect of natural selection on a mixture of barley varieties. J. Agr. Res. 51: 189-199.

HOLMGREEN, R. C. 1956. Competition between annuals and young bitterbrush *(Purshia tridentata)* in Idaho. Ecology 37: 370-377.

JAMESON, D. A. 1967. The relationship of tree overstory and herbaceous understory vegetation. J. Range Management 20: 247-249.

KERSHAW, K. A. 1964. Quantitative and dynamic ecology. American Elsevier. 183 pp.

LEIGTHON, G., J. GASTO C. y A. CRISTI A. (En preparación). Factores ambientales en el establecimiento de *Atriplex repanda* Phil.

MALCOLM, C. V. 1968. Establishment and growth of halophytes for grazing production from saline wasteland in wertern Australia. Bureau of Land Management. Symposium in Cedar City, Utah. 205-217.

NORD, E. C. P. F. HARTLESS y W. D. NETTLETON. 1971 Effects of several factors on saltbush establishment in California. J. Range Management 24: 216-223.

NYTZENKO, A. A. 1948. Boundaries of plant associations in nature. Bot. Zhurnal. U.R.S.S. 33: 487-495. Biol. Abstr., 24, 17407. 1950.

ODUM, E. P. 1959. Fundamentals of ecology. W. B. Saunders, Philadelphia. 546 pp.

OLIVARES E., A. y J. GASTO C. 1971. Comunidades de terófitas en subseres postaradura y en exclusión en la estepa de *Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn. Chile, Fac. Agron. Est. Exper. Agron. Bol. Tecn. 34.

OPASO G., R. 1939. Agricultura. Monografía cultural de las principales plantas agrícolas susceptibles de cultivarse en Chile. Plantas Forrajeras e Industriales. Tomo II. 943 pp.

PARK, T. 1955. Experimental competition in bettles with some general implications. The numbers of men and animals. J. B. Gragg and N. W. Pirie. Edimburg.

PERRY, C. A., C. M. McKELL, J. R. GOODIN y T. M. LITTLE, 1967. Chemical control of an old stand of chaparral to increase range productivity. J. Range Management 20: 166-169.

PIMENTEL, D. 1961. Species diversity and insect population out-breaks. Ann. Entomol. Soc. Amer. 54: 76-86.

PLUMMER, P. A., D. R. CHRISTENSEN y S. B. MONSEN. 1968. Restoring big game range in Utah. Div. Fish and Game. Publication 68-3.

SMITH, C. F. y S. S. ALDOUS. 1947. The influence of mammals and birds in retarding artificial and natural reseeding of coniferous forests in the United States. J. Forestry 45: 361-369.

SPARRE, B. 1956. Rasgos florísticos de las glaciaciones pleistocenas. Agronomía 1 (4): 38-40.

TEVIS, L. Jr. 1953. Effect of vertebrate animals on seed crop of sugar pine. J. Wildlife Management. 17: 128-131.

TISDALE, E. W. 1962. The ecotype concept in range management. Scottish Plant Breeding Sta. Record 1-8.

UVAROV, B. P. 1962. Development of arid lands and its ecological effects on their insect fauna. Arid Zone Research 18: 235-248.

WENT, F. W. 1948. Ecology of desert plants. I. Observations on germination in the Joshua Tree National Monument, California. Ecology 29: 242-253.

WOODS, F. W. 1961. Root exudates of higher plants: ecological considerations. International Union of Forest Research Organizations Proceed. 13 Kongress Wien. Sept. 1961. Romayor Congress Print. Wien, Austria.

ZIEMER, R. R. 1968. Soil moisture depletion patterns around scattered trees. U. S. Forest Service. Pacific South West Forest and Range Experiment Station. 13 pp.