CIENCIA E INVESTIGACIÓN AGRARIA

Volumen 26 Nº 3 SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 1999 ISSN 0304-5609

CONTENIDO

ARTICULOS DE INVESTIGACION

Metodo holístico-empírico de cálculo de la capacidad sustentadora y de la productividad ganadera potencial de los sitios. Provincia esteparia muy fría tendencia secoestival o patagonia occidental. 125
Juan Gastó C., Fernando Cosio G. e Ivonne Aranguiz A.

Efecto de la densidad poblacional sobre el comportamiento de la soya en cultivos de primavera y verano. 139
Patricio Parodi P. e Isabel M. Nebreda M.

Efectividad de aplicaciones foliares de boro y cinc sobre la cuaja frutal de 2 cultivares de almendro. 149
Carlos Sotomayor S. y Hugo Silva E.

Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficencia del uso del nitrógeno en amaranto. 155
Humberto Serri G., Marisol Berti D., Iván Vidal P. y Javín Herrera M.

Madurez y calidad de frutos de kiwi cv. Hayward en base a cosecha diferida. 163
Carlos Sotomayor S., Jorge Castro S. y Jaime Busquet.

ENSAYO

Los modelos de simulación como herramienta de análisis de evaluación de sistemas de producción sustentables. 169
Claudio Aguilar G., Rodrigo Allende V. y Fernando Garcia G.

INDICE

Volumen 26 181

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL
SANTIAGO DE CHILE

CIENCIA E INVESTIGACIÓN AGRARIA

Volume 26 N° 3 September - December 1999

CONTENTS

RESEARCH PAPERS

Holistic-Empiric method to calculate livestock carrying capacity and productivity of range sites. Very cold steppe dry summer tendency or Occidental Patagonia. 125
Juan Gasto C., Fernando Cosio G. and Ivonne Aranguiz A.

Effect of planting density on soybean performance in spring and summer plantings. 139
Patricio Parodi P. and Isabel M. Nebreda M.

Efectiveness of boron and zinc foliar sprays on fruit setting of 2 almond cultivars. 149
Carlos Sotomayor S. and Hugo Silva E.

Response to the nitrogen fertilization and nitrogen use efficiency in amaranth. 155
Humberto Serri G., Marisol Berti D., Ivan Vidal P. and Javin Herrera M.

Fruit quality and maturity of Hayward kiwifruit related to sequential harvesting. 163
Carlos Sotomayor S., Jorge Castro S. and Jaime Busquet.

ESSAY

Simulation model as a tool of analysis and evaluation of sustainable production systems. 169
Claudio Aguilar G., Rodrigo Allende V. and Fernando Garcia G.

INDEX

Volume 26 181

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL

Ciencia e Investigación Agraria

EDITOR JEFE :
Gastón Pichard D.
ASISTENTE EDITOR :
Catalina Bay-Schmith C.
SECRETARIA :
Patricia Breinbahuer B.

MIEMBROS COMITE EDITOR :
Luis Barrales V.
Juan Pablo Zoffoli G.
Patricio Parodi P.
William Foster B.

PROPIETARIO : FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL
Pontificia Universidad Católica de Chile

Representante Legal : Pedro Rosso Rosso
Director Responsable : Guillermo Donoso Harris

REVISTA CIENCIA E INVESTIGACION AGRARIA
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Teléfono (562) 6865704 Fax (562) 5526005
e-mail: rcia@puc.cl
Vicuña Mackenna 4860 Casilla 306, Santiago 22
Código Postal 6904411
CHILE

SUSCRIPCIONES : Terms of subscription
Foreign : US$ 25 annual subscription
(surface mail)
U$ 50 annual subscription
(air mail)
Chile : $ 12.000 por suscripción anual

Se autoriza la reproducción y cita del material que aparece en Ciencia e Investigación Agraria, siempre que se indique el nombre del (los) autor (es), año, volumen, número y páginas del cual se obtiene. Las opiniones y afirmaciones expuestas en los trabajos representan exclusivamente los puntos de vista de los autores. La mención de productos o firmas comerciales en la revista no implica una recomendación por parte de la Universidad

NORMAS PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS.

La revista está abierta a recibir colaboraciones de autores de otras universidades o institutos de investigación. Los trabajos enviados deberán ceñirse a las normas de publicación de la Revista, las que pueden ser solicitadas a la Sra. Catalina Bay-Schmith, Asistente Editor. Los artículos estarán sujetos a revisión por el Comité Editor o la persona que éste designe.

METODO HOLISTICO-EMPIRICO DE CALCULO DE LA CAPACIDAD SUSTENTADORA Y DE LA PRODUCTIVIDAD GANADERA POTENCIAL DE LOS SITIOS. PROVINCIA ESTEPARIA MUY FRIA TENDENCIA SECOESTIVAL O PATAGONIA OCCIDENTAL.[1]

HOLISTIC-EMPIRIC METHOD TO CALCULATE LIVESTOCK CARRYING CAPACITY AND PRODUCTIVITY OF RANGE SITES. VERY COLD STEPPE DRY SUMMER TENDENCY PROVINCE OR OCCIDENTAL PATAGONIA.

JUAN GASTO C, FERNANDO COSIO G.[2] e IVONNE ARANGUIZ A.
Departamento de Zootecnia
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

A holistic-empirical method to calculate the livestock carrying capacity and productivity of an ecoregion Sites is developed and described. Based on a study-case the livestock carrying capacity and sheep productivity, per unit area of rangeland, expressed in livestock live weight and in wool is determined of the Very Cold Dry Summer Tendency Steppe or Occidental Patagonia. Making use of the primary information of several sheep ranches, the stocking rate standardized as sheep-month units remaining at the land for a long period of proper range use, and through the description of Sites and range Condition, a provincial data-base was developed. The method is applied as a complement to the Ecoregions Classification System, previously developed, at the Province, District and Site hierarchical level as well as at the Administrative Classification System at the Province, ranch and paddock levels.

Key Words: Carrying capacity, range sites, Patagonia, productivity, range condition.

Ciencia e Inv. Agr. 26:125-138

INTRODUCCION

La Provincia Esteparia Muy Fría Tendencia Secoestival, también denominada Patagonia Occidental, tiene características propias de clima, geoforma, atributos edafoambientales de Sitio, y de Uso, Estilo y Condición de los pastizales. La Patagonia Occidental comprende sectores adyacentes de la frontera Austral de Chile y Argentina y se caracteriza por sus amplias mesetas y cuencas, con severas limitantes de temperatura y precipitación, que determinan un período de receso que puede prolongarse hasta por diez meses. La baja pluviometría y los fuertes vientos predominantes del noreste generan un déficit hídrico de hasta cinco meses de duración (Gastó, Cosio y Panario, 1993).

La topografía de la zona es, en general, plana o levemente ondulada, formando ocasionalmente, planos, depresiones que hacen posible el desarrollo de vegas húmedas o mallines. El origen de los suelos es, principalmente, glacial y fluvioglacial, que han sufrido durante años deterioro y degradación, por el efecto combinado del sobrepastoreo y de la erosión eólica.

Durante el presente siglo y las últimas décadas del siglo anterior se desarrollaron grandes estancias ganaderas, bajo un estilo recolector, a base de animales ovinos y, en menor grado, de bovinos, que fracasaron en su capacidad de conservar o mejorar la condición de la pradera, debido principalmente, a su sobre utilización. Debido a esto, se deben buscar opciones de hacer una mejor ganadería, con un nuevo estilo, que permita conservar el recurso pradera de coironal y de mallín y mejorar su Condición. La determinación de la capacidad sustentadora de cada uno de los Sitios presentes en la Provincia ecológica y el ajuste de la carga animal a la capacidad sustentadora es uno de los factores prioritarios para el buen manejo del ecosistema pratense.

Actualmente, no se cuenta con un Sistema de Información Geográfico que contenga una base de datos de los Sitios de la Provincia ni de la capacidad sustentadora o de la productividad ganadera de cada uno, de acuerdo a la Condición en que se encuentre. En el presente trabajo se describe un método holístico-empírico, desarrollado para la determinación de la capacidad sustentadora y la

1 El presente trabajo ha sido elaborado como parte del Proyecto FONDECYT N°1971200.
2 Dr. Ing. Agrónomo; Profesor Area de Ganadería y Pastizales, UCV; Casilla 4D; Quillota (fcosio@ucv.cl)

productividad ganadera de los Sitios y el cálculo de los valores asignados a cada uno, de acuerdo a la Condición en que se encuentre el pastizal. Para ello, fue necesario estudiar dos de las grandes estancias de la Provincia, además de otras mas pequeñas, que en total alcanza a una masa ganadera cercana a las cien mil cabezas de ovinos (López, 1989; Vial, 1991; Pereda, 1992).

No es necesario enfatizar en el valor que se le debe asignar a la información de productividad y capacidad sustentadora de cada Sitio y Condición en los cálculos económicos y de rentabilidad de las estancias. Los proyectos de inversión y el mejoramiento de la Condición de las praderas, necesariamente, deben ser desarrollados a partir de esta información primaria.

Provincia Esteparia Muy Fría De Tendencia Secoestival.

El Sistema de Clasificación de Ecorregiones consta de cinco categorías superiores que representan los atributos más permanentes del sistema: Reino, Dominio, Provincia, Distrito y Sitio, los cuales están dados por las características climáticas (Köppen, 1948), germofológicas (Murphy, 1967) y edafoambientales (Dykstenhuis, 1958). Consta de dos categorías intermedias que describen el estado del sistema, Uso y Estilo, que corresponden al destino asignado al sistema y por las modalidades de Uso, las cuales se refieren específicamente a cada Sitio en particular. La Condición y Tendencia corresponden a las últimas dos categorías, la primera de las cuales permite establecer un juicio de valores entre el estado del sistema representado por el Sitio en un instante dado, y su estado ideal. La Tendencia, a la vez, representa la tasa instantánea de cambio de la Condición (Gastó, Cosio y Panario, 1993).

La Provincia Patagonia Occidental se caracteriza porque las precipitaciones se distribuyen a lo largo de todo el año, no habiendo una estación seca definida. En la medida que se avanza hacia el oriente las precipitaciones decrecen desde alrededor de 400 mm, en el extremo más lluvioso, hasta menos de 200 mm en el extremo más seco. La temperatura media anual es de 7,0°C disminuyendo hacia el sur hasta alcanzar los 5,5°C, en la zona sur. Las temperaturas medias, en el invierno, fluctúan entre 3°C y 0°C, mientras que en el verano están entre 10°C y 15°C. Es así como los inviernos son crudos, en los cuales se conjugan los factores del viento, el frío y la nieve. Las temperaturas invernales pueden alcanzar valores de -25°C (Rodríguez, 1986).

El clima, según Köppen (1948), es Bsk'c, que corresponde a (B) seco, (S) estepa, (k') muy frío, (c) 1-4 meses > 10°C. Esta Provincia ocupa, en Chile, una superficie de 2.548.484 ha de pastizales, de los cuales 12.686 ha son de pasturas, 1.012 ha de rastrojeras y 2.534.784 ha de praderas. Esta es utilizada, principalmente, por ovinos y bovinos, con una dotación total de 325.734 unidades animal-año (UAA). La carga animal media de toda la Provincia es de 7,82 ha por UAA y la productividad secundaria media es de 6,15 $kg \cdot ha^{-1} \cdot$al año de PV (Gastó y Gallardo 1995).

Sitio

Corresponde al quinto nivel jerárquico del Sistema de Clasificación de Ecorregiones. Es la unidad de identificación y caracterización de los recursos naturales renovables de una provincia ecológica. El Sitio permite caracterizar los componentes permanentes de los pastizales que se presentan en los cercados de un predio cualquiera de una provincia, y estructuran la base de datos requerida para su descripción (Soil Conservation Service, 1962 y 1975; González, 1981; Gastó, Cosio y Panario, 1993).

Si bien es cierto, el Sitio está estrechamente vinculado con el suelo, algunos de los elementos utilizados en la caracterización taxonómica de estos, tal como el material de origen y las características de los horizontes pueden ser de escaso significado como condicionantes de la clase (Zoneveldt, 1972, Francis, 1984; COTECOCA, 1979). El concepto de Sitio contiene, sin embargo, además otros atributos ecosistémicos inherentes, relacionados con su potencial productivo, lo cual se expresa cualitativa y cuantitativamente (Zoneveldt, 1972). En una misma serie de suelos pueden presentarse, por lo tanto, varios Sitios diferentes; o bien, a la inversa, distintas series de suelos que se presentan en una misma Provincia y Distrito pueden pertenecer al mismo Sitio, si presentan similares características para producir similar cantidad y calidad de vegetación (Panario, Morató, Gallardo y Gastó, 1988).

La *Society for Range Management* (1974) define Sitio como un área de tierra con una combinación de factores edáficos, climáticos, topográficos y bióticos naturales significativamente diferente de otras áreas adyacentes. Los cambios de un Sitio a otro representan diferencia significativas en producción potencial de forrajes y diferencias en el

manejo requerido para el uso de la tierra (Huss, 1964). El origen del concepto y término se remonta a Cajander (1925), donde se incluyen las características de la cobertura vegetal y de la fisiografía. Es de amplia utilización en escala mundial, recibiendo ocasionalmente otros nombres tal como land type, ecotopo, uroshishche, todos los cuales están relacionados con la clasificación de paisajes para prospecciones integradas (González, 1981; Shiflet, 1973).

El Sitio es una unidad ecosistémica que permite clasificar tierras, combinando los efectos del clima, las características permanentes del suelo y la vegetación potencial. Es el producto de la interacción de factores edáficos, topográficos, climáticos y bióticos que resultan en una determinada combinación que permite producir una similar cantidad y calidad de producción pratense. El Sitio engloba, por lo tanto, a un grupo similar de ambientes edáficos que requieren un manejo y son de potencial productivo similar (Borelli *et al.,* 1983 y 1989).

Capacidad Sustentadora **(CS)**

El origen del concepto, según Fernández (1995), se sitúa en los siglos XVII y XVIII, a raíz de los debates surgidos en Europa en torno al crecimiento de la población y el suministro de alimento (Bartel, Norton y Perrier, 1993), entre los que se presenta Malthus, en 1798, quien desarrolló una ecuación que relaciona el crecimiento de la población con el número de organismos presentes. Verhulst, en 1830, propuso la ecuación logística del crecimiento, en que el crecimiento es función de los recursos presentes (Freedman, 1980). En 1953, Odum introdujo el concepto de la asíntota de la curva logística, y lo relaciona con la capacidad sustentadora K del ecosistema (Dhonht, 1989). El concepto se introdujo en la ganadería intensiva a comienzos del siglo veinte, aplicado a las praderas, haciéndose gradualmente equivalente al concepto K de la curva logística. En los años treinta fue aplicado a la fauna silvestre.

A fines del siglo XIX se acuña el concepto de producción sustentable del bosque, que es equivalente al de la capacidad sustentadora (Brklacich, Bryant y Smith, 1991), cuya definición establece que la cosecha no excede el crecimiento del volumen del bosque e, incluso, asegurándose la estabilidad de la población dependiente (Perry *et al.,* 1983). A partir de los años 60 se incorpora a la recreación al aire libre (Tivy, 1972; Wagar, 1974). Green (1985) introduce el concepto de capacidad ecológica, como el nivel de uso consistente con el no declive de los atributos ecológicos del sistema.

También, se ha aplicado el concepto a la capacidad sustentadora humana o antropogénica (Brown *et al.,* 1987; Fernández, 1995).

En 1977, Nieswand y Pizon introducen y desarrollan el concepto de capacidad de planificación del uso de la tierra, como una medida de la aptitud de un territorio para dar cabida al crecimiento y desarrollo dentro de los límites definidos por la infraestructura y recursos existentes y representan, según Goldschalk (1977), el umbral del sistema natural y artificial por encima del cual los impactos del desarrollo pueden causar seria degradación ambiental o social.

Actualmente, Fernández (1995) indica que algunos autores, en relación a los debates sobre la sustentabilidad global y producción sustentable, consideran a la capacidad sustentadora en un contexto mas amplio, el de sustentabilidad (Brown *et al.,* 1987; Brklacich *et al.,* 1991).

Las aportaciones al concepto y metodología de cálculo de capacidad sustentadora emanados a partir de la gestión ganadera y faunística han sido de gran valor y han contribuido al desarrollo global del área (COTECOCA, 1979). Dasmann (1945) la define como el número de animales a pastoreo, de una clase dada, que puede mantenerse en buenas condiciones, año tras año, en una unidad de pastoreo sin perjuicio para las reservas de forraje o el suelo. Posteriormente, Mott (1960), desde otra perspectiva, la define como la carga ganadera que soporta a la óptima presión de pastoreo. Scarnecchia (1990) introduce dos conceptos no considerados en las definiciones anteriores, el de gestión y el de objetivos específicos, pero no incluye específicamente el de sustentabilidad ecosistémica, de manera que es el óptimo nivel de carga ganadera para conseguir objetivos específicos, dadas determinadas opciones de gestión.

Fernández (1995), luego de hacer una detallada revisión del concepto y su evolución y aplicabilidad, define capacidad sustentadora del ecosistema como la intensidad de utilización que puede soportar el ecosistema, sometido a una acción determinada y, a la vez, mantiene su estado.

$$CS = f(\Xi, \Pi, E_i, \sigma_r)$$

Donde:

Ξ : representa al ecosistema y sus características

Π : es la acción que el hombre, a través de la tecnología, ejerce sobre el ecosistema. Es el operador de artificialización.

E_i : es el estado del ecosistema

σ_r : es el conjunto de recursos del ecosistema

En la elaboración de los planes de manejo ganadero, la determinación de la capacidad sustentadora de la pradera es la medida prioritaria que permite llevar a cabo las acciones complementarias de utilización por el ganado. No existe, en la actualidad, determinaciones específicas y confiables para los diferentes Sitios que se presentan en la Patagonia Occidental. Es por ello que, basado en la información holística y empírica de las estancias estudiadas, en las cuales se ha hecho, durante un largo período de manejo y utilización, un monitoreo empírico de ajuste de la carga ganadera a la capacidad sustentadora.

Carga Ganadera (CG). Es la cantidad de animales de una clase determinada de ganado que se mantiene por unidad de superficie durante un cierto período (Muslera *et al.*, 1991; Hodgson, 1979; Holmes, 1989). Esta se expresa en Unidades Animal Año (UAA) o en su equivalente mes (UAM), correspondiente a la especie animal que la utiliza.

La carga ganadera, también denominada anteriormente carga animal, la determina arbitrariamente el productor de acuerdo a algún criterio que considere adecuado. Este parámetro, por lo tanto, no indica ni buena ni pobre utilización o manejo de la pradera, sino que expresa simplemente una decisión del productor, que puede ser acertada o no, de acuerdo a la capacidad sustentadora del campo.

La carga ganadera (CG) debe ser equivalente a la capacidad sustentadora (CS) ganadera de manera de lograr un pastoreo moderado.

Por otra parte, el factor de uso (FU) es la relación entre:

$$\frac{\text{Carga Ganadera (CG)}}{\text{Capacidad Sustentadora (CS)}} = \text{Factor de uso}$$

Cuando la carga ganadera es igual a la capacidad sustentadora se tiene el factor de uso apropiado (FUA)

CG = CS; indica FUA

Cuando

CG > CS se tiene sobreutilización del pastizal

CG < CS se tiene subutilización del pastizal

Intensidad de utilización (IU). Es la relación entre el pasto utilizado (PU) por el ganado y el pasto ofrecido inicialmente (PO), y se expresa en porcentaje (Hodgson, 1979).

$$IU = \frac{PU}{PO} \times 100$$

La intensidad de utilización depende de la relación entre la carga ganadera y la capacidad sustentadora. Esta intensidad no debe sobrepasar el factor de uso adecuado (FUA) que, en el caso de los coironales patagónicos, se estima que es de alrededor de IU = 50% (Vial, 1991; López 1989). También, se ha denominado grado de desfoliación (Scannecchia, 1990). La producción no utilizada por el animal es el rechazo, producción residual o materia seca residual (Smith, 1991; Hodgson, 1979). Se requiere dejar una cierta cantidad de rechazo, de acuerdo a las características del ecosistema, para mantener su estado de conservación, lo cual corresponde al FUA (Holecheck, Piper y Herbel, 1989; Clawson, Dougal y Duncan, 1982)

Palatabilidad (P), también denominado aceptabilidad. En el sentido que le da Cook (1956), es la máxima intensidad aceptable de utilización de la población de una especie dada, cuando la pradera como un todo ha sido utilizada al nivel correspondiente al FUA. Al igual que la utilización, se expresa como porcentaje de la relación entre fitomasa cosechada de una especie pratense dada y la fitomasa total ofrecida de esa especie.

Las especies de mayor calidad pratense son más intensamente consumidas por el ganado, lo cual puede concluir en su debilitamiento, y consecuentemente en el deterioro de la condición de la pradera. La selección de la dieta o selectividad es una función de la preferencia del ganado modificada por la oportunidad de éste de seleccionarla (Vallentine, 1990).

Densidad Animal (DA). Es la carga ganadera instantánea que utiliza una pradera. No tiene una dimensión de tiempo. Se expresa en UA o en cabezas existentes en un campo de una superficie determinada, en un instante dado.

Costo Ecológico de Cosecha (g). La cosecha de forraje por el herbívoro trae unido consigo un costo de captura, el cual se ha denominado Costo

Ecológico de Cosecha, y que puede ser definido como: la energía invertida por el cosechador (w) por unidad de área de trabajo de cosecha (a), en el proceso de captura del forraje, según el Distrito donde se encuentre la pradera (Gastó, 1982).

La energía invertida por el cosechador en el proceso de cosecha, incluye la totalidad de los gastos que directa o indirectamente debe invertirse en el proceso. En las praderas más densas y de mejor calidad, tal como en los mallines mesomórficos, el trabajo de cosecha es proporcionalmente menor, que en las praderas de peor calidad, tal como los coironales en condición muy pobre, donde el ganado debe invertir proporcionalmente mayor trabajo en la búsqueda y cosecha del escaso forraje existente.

La capacidad sustentadora de la pradera es la medida de mayor relevancia en la elaboración de los planes de manejo, pues integra a un alto número de variables climáticas, edáficas, vegetacionales y faunísticas, por lo cual es de difícil determinación, pero de gran significado.

Método de Cálculo de la Capacidad Sustentadora Ganadera

Existen numerosos métodos de calculo de la CS que pueden ser agrupados en extensivos o generales e intensivos o detallados. (Stoddart, 1955). Fernández (1995) agrupa los métodos extensivos en seis grupos a saber: comparación de patizales, producción primaria, nutricionales, porcentaje de utilización, condición y tendencia y de estructura de la cubierta. Todos éstos incluyen identificación de unidades homogéneas del territorio ecosistémico, localización y cartografía de las unidades y relación entre los recursos y las actividades pastorales.

El método de comparación de pastizales y de predios es el más extendido entre las ganaderías de cualquier provincia ecológica dada, donde se comparan los predios entre sí y en referencia a aquéllos correctamente gestionados (Vallentine, 1990), lo cual permite una estimación global de la CS del predio, pero no de la de cada Sitio en particular.
Los métodos de producción primaria son ampliamente empleados en ecosistemas uniformes, de alto potencial. Se basa en que el proceso fundamental de producción es la captación de energía solar y de nutrientes del suelo para formar tejido vegetal (Hodgson, 1990). La producción primaria es un estimador de la capacidad de producir alimentos para el ganado, pero no incluye la sustentabilidad del ecosistema, las características etológicas del ganado, ni el costo ecológico de cosecha de la productividad, por lo cual se adapta a espacios pequeños de alto potencial y de alta uniformidad del territorio. La evolución de la productividad primaria se puede lograr a través de diversos análisis y procedimientos (Bonham, 1989; Wisial, 1984). Diversos autores predicen la productividad anual a partir de la precipitación aplicando ecuaciones empíricas (Rotherford, 1978; Wijngarden, 1985; Rosenzweig, 1968). Estas ecuaciones dan valores generalizados de la CS, pero no especifican, por lo tanto, geoformas, ambientes edáficos y cobertura vegetal. Algunas, sin embargo, incluyen varios de estos factores (Coughenour, Coppock, Ellis y Rowland, 1990; Doyle, Evans y Rossiter 1986: Crourt y Badley, 1992). Otros determinan la fitomasa a través de sensores remotos, pero no determinan la CS en forma objetiva y directa.

Los métodos nutricionales se basan en la determinación del balance entre la producción de nutrientes y las necesidades alimenticias del animal (Vallentine, 1990). Este no considera ni las características del territorio, las distancias y pendientes, el costo de cosecha, modalidad de cosecha, selectividad ni las necesidades de conservación del sistema, por lo cual se adapta a condiciones ecológicas específicas, donde estas variables no son significativas, siendo, sin embargo, importante la digestibilidad del forraje consumido y las necesidades del animal (Hobbs, Baker, Ellis, Swift y Green, 1982; Swartz y Hobbs, 1985; Prieto, Aguilera, Lara y Fonolla, 1990, Aguilera, Lara, Prieto y Molina, 1991).

El método del porcentaje de utilización se basa en la comparación entre el grado de utilización del pastizal y el factor de uso adecuado al que se somete el ecosistema por la acción del ganado. El método permite determinar, empíricamente, la cantidad de ganado que puede mantener un pastizal dado en determinadas condiciones de gestión y de estructuras (Vallentine, 1990). Dada la desuniformidad de la utilización de las praderas por el ganado se introduce aquí el concepto de especie y de área clave (Holecheck, Piper y Herbel, 1989; Society for Range Management, 1974; Alvarez, 1990).

El método de la Condición y Tendencia permite valorar el estado del ecosistema pascícola en un instante dado en relación a su estado ideal, de

acuerdo al Uso y Estilo que se le esté dando al Sitio. La Condición es la capacidad sustentadora ganadera en un instante dado en relación a la CS potencial del Sitio (Costello, 1956; Gastó, Cosio y Panario, 1993), lo cual está basado en la teoría ecológica de la sistemogénesis (Joyce, 1993; Westoby, 1989). El pastoreo puede modificar la Condición desde o hacia el clímax o algún otro disclímax ideal. Dyksterhuis (1949), introduce el concepto de Sitio pratense como unidades territoriales de una provincia que tienen igual potencial de soportar una comunidad de plantas nativas y, complementariamente, ser de igual capacidad sustentadora (Society for Range Management, 1954). La Condición del pastizal se clasifica en cinco categorias; excelente, buena, regular, pobre y muy pobre (Humphrey 1947; Gastó, Cosio y Panario, 1993).

El método holístico-empírico propuesto, conjuga en un solo procedimiento el cálculo de la capacidad sustentadora en una provincia ecológica. En primer lugar, considera a la Provincia como un área ecorregional relativamente homogénea, por lo cual los resultados alcanzados en cualquier Sitio son válidos en toda la Provincia. Este considera al predio utilizado y manejado racionalmente y estabilizado, donde el FUA ha sido mantenido durante un largo período de años y donde la Condición se mantiene estabilizada. En este contexto se postula que la carga animal corresponde a la capacidad sustentadora, lo cual está plenamente validado por la experiencia experimental. Es difícil, sin embargo, encontrar predios de larga data que se encuentren en estas condiciones. En tercer lugar, se postula que la capacidad sustentadora es función del Sitio y de la Condición del pastizal, los cuales varían de acuerdo a la heterogenidad edafoambiental del predio y de la provincia, además de los cambios que ocurran en cada pastizal, de acuerdo a las condicionantes tecnológicas y de gestión. Por último, el método proporciona como resultado holístico y empírico del predio la capacidad sustentadora y la productividad secundaria de cada uno de los Distritos y Sitios y de la Condición del pastizal, los cuales son aplicables a toda la Provincia ecológica, permitiendo así contar con una base de datos ecorregionales de amplia aplicabilidad.

Postulado Básico del Cálculo

Las praderas y la ganadería de dos de las más grandes y mejor manejadas estancias de la Provincia Patagonia Occidental y de otros predios de menor extensión fueron analizados en detalles por López (1989), Vial (1991) y Dall' Orso, (1985). Se realizó, además, durante un largo período de manejo pastoril un cuidadoso ajuste de la carga animal ovina, a la capacidad sustentadora de la pradera, realizándose un seguimiento periódico a través de observaciones y mediciones de la condición del sistema.

Por tratarse de predios con un largo historial de uso, de prácticamente todo el presente siglo es posible inferir como una primera aproximación al problema, que la tendencia global de la Condición de las praderas de las estancias es estable.

Por lo tanto, es posible plantear, como un postulado fundamental del método, que la capacidad sustentadora (CS) es igual a la carga ganadera (CS = CG), lo cual se ajusta al factor de uso apropiado de la pradera (FUA). Por lo anterior, se puede suponer que si se conoce la carga ganadera de la estancia, se puede determinar la capacidad sustentadora global del predio. Este postulado se presenta como de alta validez empírica dada la estabilidad del tapiz pratense y de la estabilidad de la carga animal. De no ser así se podrían explorar otros supuestos que relacionen objetivamente la proporción que existe entre la carga ganadera y la capacidad sustentadora. Por los antecedentes que se dispone, se puede aceptar como verdadero, con un adecuado margen de seguridad, al supuesto planteado originalmente.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se detallan los resultados en base a la realidad empírica de la Provincia, correspondientes a una de las estancias. Los valores corresponden a un modelo desarrollado para ilustrar el procedimiento general.

Cálculo de la Carga Ganadera

Durante un período de doce meses se mantuvo la siguiente dotación ovina de la estancia expresado en Unidades ovina-mes (UOM), (Cuadro 1).

En la transformación de las cabezas ovinas a UOM se utilizó los siguientes valores medidos ponderados, de acuerdo a las variaciones de tamaño y exigencias que se presentaron en la estancia a través del año:

Oveja	1,0
Capón	0,8
Carnero	1,0
Carnerillo	1,0
Cordero	0,6
Ovejas dos dientes	1,0
Otros	0,7

Cuadro 1.- Unidades ovinas-mes (UOM) equivalente mantenidas en una de las estancias analizadas, de la patagonia occidental, durante los doce meses del año.
Equivalent sheep-month units assigned to one of the ranches analyzed during the twelve months of the year on the Occidental Patagonia.

Mes	Ovejas (UOM)	Capones	Carneros	Corderos y Corderas	Ovejas 2 dientes	Otros	Total
Ene	18.762	400	794	3.606	0	156	23.706
Feb	16.495	388	785	3.484	0	144	21.294
Mar	15.980	386	774	3.290	0	138	20.568
Abr	15.954	385	766	3.259	0	75	20.439
May	15.815	350	764	3.249	0	120	20.298
Jun	15.779	348	742	3.247	0	89	20.204
Jul	15.513	342	726	0	5.211	55	21.847
Ago	15.348	340	723	0	5.204	102	21.716
Sep	15.197	289	746	0	5.199	109	21.539
Oct	15.076	250	666	0	5.191	55	21.238
Nov	14.919	245	591	0	5.177	68	20.999
Dic	14.450	244	571	3.053	5.173	275	23.766
Total	**189.287**	**3.964**	**8.646**	**23.187**	**31.154**	**1.373**	**257.610**
%	73,48	1,54	3,36	9,00	12,09	0,53	100,0

Cálculo de la Capacidad Sustentadora Total del Predio

El método de cálculo planteado se basa en dos postulados fundamentales:

a) Las praderas están en estado de equilibrio entre su productividad, grado de utilización y conservación del sistema, lo cual se basa en determinaciones empíricas de terreno y

b) La carga ganadera (CG) total del predio es igual a la capacidad sustentadora (CS) total de predio.

A juicio de los autores este supuesto está sólidamente respaldado por los ajustes que se han hecho anualmente a la carga ganadera de manera de mantener una tendencia estable de la condición de la pradera,y por las mediciones realizadas en los potreros utilizando el método de Parker.

Por consiguiente, considerando como válido este supuesto se tiene que:

$$CS\ predio = CG\ predio$$

Sería posible también, aplicar otros supuestos que establezcan una relación distinta a la igualdad, lo cual modificaría proporcionalmente los resultados. En el caso analizado, se tiene que la CG total anual del predio es equivalente a 257.610 UOM, por lo tanto:

$$CS\ predio = 257.610\ UOM$$

Este valor se aproxima suficientemente a los requerimientos de cálculo y presenta un resultado más ajustado a la realidad que aquéllos que podrían obtenerse con otros métodos de cálculos mejor adaptados a su utilización, en pasturas intensivas de ambientes uniformes de alta productividad e intensidad de extracción del forraje.

El supuesto de que CS = 257.610 UOM puede que no sea exacto, pero probablemente se aproxima a la realidad. Dado que proviene de información empírica que abarca la totalidad de los sectores ovejeros de la estancia, durante un largo período, las probabilidades de error de cálculo son escasas, debiendo ser las diferencias totales de las desviaciones entre los valores calculados y los reales para cada Sitio, igual a cero.

Determinación de los Sitios

El Sitio caracteriza a los ambientes edáficos que pueden soportar una misma clase de vegetación y alcanzar niveles similares de productividad. El Sitio corresponde, por lo tanto, a ambientes edáficos similares (COTECOCA, 1979). Debido a la existencia de condiciones climáticas extremas, caracterizadas por las bajas temperaturas, presencia de nieve invernal y una fuerte sequía estival, las limitantes climáticas son, a menudo, más fuertes que las edáficas, por lo cual una amplia gama de ambientes edáficos o Sitios se comportan de manera similar, los cuales han sido agrupados en clases de Sitios. Desde un punto de vista pratense y ganadero se comportan de manera similar, por lo cual pueden ser manejados y utilizados como una unidad.

Los detalles de su caracterización botánica, fisiográfica, hidromórfica y edáfica se indican en los estudios originales de López 1989, Vial 1991 y Pereda 1992. El código de la Provincia analizada es 2207-000 lo cual representa al Reino (2)

Dominio (2) y Provincia (07), donde se localizan los Sitios. Los últimos tres dígitos representan al Distrito (0) y al Sitio (00), los cuales se indican en cada caso, de acuerdo al Sistema de Clasificación de Ecorregiones (Gastó, Cosio y Panario, 1993). En el caso de la nomenclatura del Sitio, el primer dígito corresponde a la Textura-Profundidad y el segundo al Hidromorfismo. Delante de ellos se indica el dígito correspondiente al Distrito.

Distrito Depresional 2207 - 100
Sitio: Mallín hidromórfico
Nomenclatura: 111, 121, 142, 152, 114, 124
Sitio: Mallín mesomórfico
Nomenclatura: 173, 183, 145, 155
Sitio: Mallín xeromórfico
Nomenclatura: 176, 186
Distrito Plano 2207 - 200
Sitio: Coironal húmedo
Nomenclatura: 227, 237, 257, 267
Sitio: Coironal seco
Nomenclatura: 228, 258
Sitio: Coironal arenoso
Nomenclatura: 219, 249
Distrito Ondulado 2207 - 300
Sitios indiferenciados

Las limitantes del Distrito son de mayor jerarquía que las del Sitio, por lo cual no se diferencian mayormente. Además, su productividad potencial es baja, por lo cual no es necesario distinguirlos. La condición del pastizal es inestable, dada su alta vulnerabilidad al pastoreo, deteriorándose fácilmente.

Distrito Cerrano 2207 - 400
Sitios indiferenciados
No son aptos para la ganadería. Usualmente no mantienen cubierta vegetal de pradera.

Distrito Montano 2207 - 500
Sitios indeferenciados
No son aptos para la ganadería. Usualmente no mantienen cubierta vegetal de pradera.

El Sitio es la unidad básica de ordenamiento ecológico de la estancia, pues corresponde a ecosistemas similares en sus limitantes y potencialidades, por lo cual deben ser tomados en consideración al trazar las cercas y organizar los campos en que se divide una estancia (COTECOCA, 1979).

Condición y Tendencia de la Pradera
La Condición de la pradera es una medida del estado en que se encuentra el pastizal en relación al estado óptimo posible. Las clases de Condición son las siguientes: Excelente, Buena, Regular, Pobre, Muy Pobre.

La Condición se determina evaluando las especies que componen la pradera en un instante dado, en relación a las que debería contener en el estado original, que corresponde a Condición excelente. Las especies que integran el pastizal se agrupan en tres clases principales: decrecientes, acrecentantes e invasoras.

Al deteriorarse el pastizal disminuyen las especies decrecientes, que son las de mayor calidad y aceptabilidad, y se incrementa la cobertura de las acrecentantes, que son de calidad intermedia. En los estados avanzados de deterioro, el pastizal es poblado por especies invasoras, que no son propias del pastizal en su estado original, tal como ocurre en el coironal plano seco con *Acaena pinnatifida R. et P.* y *Muhlinum spinosum Cav. Pers.*, en la medida que las especies originales, tal como *Festuca pallescens* (St-Ives) Parodi, se reducen hasta desaparecer. Para cada Sitio, distintas especies y coberturas son indicadores de la Condición, las cuales deben ser determinadas específicamente en cada circunstancia. En el caso de la Patagonia Occidental, las determinaciones han sido realizadas y descritas en detalle por López (1989), Vial (1991) y Pereda (1992).

Con los antecedentes que actualmente se dispone, es posible determinar los Sitios existentes en cada estancia y cercados y la Condición en que se encuentra la pradera. La determinación del Sitio y de la Condición es la etapa básica primaria que debe llevarse a cabo en la elaboración de cualquier plan objetivo de manejo.

Tendencia es la dirección que se observa en los cambios de la Condición del pastizal al ser sometido a condicionantes específicos de manejo, especialmente la intensidad y época de utilización por el ganado. La Tendencia puede ser de tres clases diferentes:

* Mejorante (↑)
* Estable (→)
* Deteriorante (↓)

En el caso de los predios estudiados se trata de condiciones generales prediales de tendencia estable, por lo cual los valores específicos de la Tendencia de cada Sitio y Condición no fueron incluidos en el estudio.

Productividad Primaria Potencial
La productividad primaria potencial de la pradera se determinó en sectores excluidos del uso del ganado, por lo cual representa la producción total

de materia seca durante toda la temporada. Para ello fue necesario describir y cartografiar la totalidad del área de estudio equivalente a 32.331 ha y determinar los Sitios presentes y la Condición de la pradera de cada uno y calcularse la superficie presente de cada combinación de Sitio-Condición. No se encontró para cada uno de los Sitios, todas las condiciones pratenses posibles (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Antecedentes numéricos y cálculo de la capacidad sustentadora de cada Sitio y Condición de la estancia. Provincia Patagonia Occidental.
Numerical representation and determination of the sheep-carrying capacity at the ranch on each site and condition. Occidental Patagonia Province.

Sitios o grupos de sitios	Condición	Superficie (ha)	Prod. Poten. M.S.Utilizable[3] (kg ha^{-1} de MS)	Factor de calidad[4]	Prod. total estandar estancia[5] (kg)	Capacidad Sustentadora	
						Total UOM	Por Superficie UOM por ha
Mallín	Excelente	0	8.295	0,35	0	0,00	0,00
hidromórfico	Bueno	4,5	6.685	0,35	10.529	302,69	67,27
	Regular	57,5	4.182	0,35	84.163	2.419,58	42,08
	Pobre	38	1.600	0,35	21.280	611,77	16,10
	Muy Pobre	22,5	0	0,35	0	0,00	0,00
						3.334,05	
Mallín	Excelente	15	8.977	1,00	134.655	3.871,17	258,08
mesofórfico	Bueno	15	9.292	1,00	139.380	4.007,01	267,13
	Regular	201,5	8.592	1,00	1.731.288	49.772,50	247,01
	Pobre	67,5	7.367	1,00	497.273	14.296,00	211,79
	Muy Pobre	38	6.142	1,00	233.396	6.709,86	176,58
						78.656,54	
Mallín	Excelente	0	3.507	0,60	0	00,0	0,00
xeromófico	Bueno	30,5	5.880	0,60	107.604	3.093,49	101,43
	Regular	219	4.252	0,60	558.713	16.062,34	73,34
	Pobre	256	2.625	0,60	403.200	11.591,53	45,28
	Muy Pobre	128	725	0,60	55.680	1.600,73	12,51
						32.348,09	
Coironal	Excelente	49,5	2.587	0,40	51.223	1.472,59	29,75
plano	Bueno	66	1.537	0,40	40.577	1.166,54	17,67
húmedo	Regular	409	573	0,40	93.743	2.695,00	6,59
	Pobre	33	0	0,40	0	0,00	0,00
	Muy Pobre	16,5	0	0,40	0	0,00	0,00
						5.334,12	
Coironal	Excelente	0	1.300	0,30	0	0,00	0,00
plano seco	Bueno	3.813,5	1.100	0,30	1.258.455	36.179,10	9,49
	Regular	13.666,5	650	0,30	2.664.968	76.614,68	5,61
	Pobre	796,5	0	0,30	0	0,00	0,00
	Muy Pobre	648,5	0	0,30	0	0,00	0,00
						112.793,79	
Coironal	Excelente	0	1.312	0,25	0	0,00	0,00
plano	Bueno	0	1.175	0,25	0	0,00	0,00
arenoso	Regular	4.007,5	687	0,25	688.116	19.782,54	4,94
	Pobre	1.431,5	0	0,25	0	0,00	0,00
	Muy Pobre	1.047,5	0	0,25	0	0,00	0,00
						19.782,54	
Ondulado	Excelente	0	1.556	0,20	0	0,00	0,00
	Bueno	457,5	942	0,20	86.193	2.477,95	5,42
	Regular	1.253,5	400	0,20	1002.80	2.882,93	2,30
	Pobre	3.335,5	0	0,20	0	0,00	0,00
	Muy Pobre	197,5	0	0,20	0	0,00	0,00
						5.360,99	
TOTAL					**8.960.714**		

3 Materia seca utilizable, que es un porcentaje del total disponible, basado en los cálculos de López (1989) y Vial (1991).
4 Es un índice específico de calidad pratense, basado en inferencias de los especialistas de las estancias. Se establece en base a la digestibilidad, arquitectura de la fitocenosis y posición relativa en el espacio, como una constante de transacción entre las diversas cantidades ecológicas del forraje.
5 Corresponde a la producción total estandarizada de la estancia.

Además de las parcelas de muestreo que se hizo en cada Sitio se establecieron dos grandes exclusiones, con el fin de representar en dos transectos geomorfológicos la catena global de Distritos y Sitios presentes en la Provincia ecológica, cubriendo desde los Sitios del Distrito ondulado hasta el de mallín hidromórfico. Uno de los transectos fue de 150 m de ancho por 1.200 m de longitud (18 ha), y el otro de 300 m de ancho por 1.500 de longitud, (45 ha), donde se presentaban la mayoría de los Sitios-Condición de los pastizales.

Las praderas de las parcelas correspondientes a cada Sitio-Condición se cortaron a ras de suelo y se determinó su composición botánica y la productividad anual de materia seca. Se determinó, posteriormente la materia seca utilizable luego de aplicado el factor de uso adecuado (FUA) correspon-

diente a cada caso, según los cálculos de López (1989) y Vial (1991). Ello es relevante dada la definición de Mott (1960) de la CS, el cual la relaciona la carga ganadera a la óptima presión de pastoreo, estando, por lo tanto, relacionado con FUA. Se determinó luego el factor relativo de calidad en base a la digestibilidad, arquitectura de la fitocenosis y posición relativa en el espacio, como una constante de transacción entre las diversas calidades ecológicas del forraje, de acuerdo a las inferencias de los especialistas de las estancias, por lo cual deben ser considerados como valores relativos aproximados.El producto de la producción utilizable de materia seca, multiplicado por la superficie correspondiente a cada clase y por el factor de calidad de la clase, da como resultado la producción total estandarizada de alimento correspondiente a cada Sitio y Condición (Cuadro 2).

Capacidad Sustentadora

Se plantea como postulado general que existe una relación directa entre la producción total estandarizada de alimentos y las Unidades ovina-mes de capacidad sustentadora total de predio y que esta misma proporción se mantiene para cada uno de los Sitios-Condición presentes en el predio (Cuadro 2). Finalmente, el valor total calculado para cada Sitio-Condición se divide por la superficie total ocupada, lo cual da como resultados la CS de cada uno (Cuadro 3). Algunos de los valores calculados de la CS, tal como los del mallín mesomórfico, pueden parecer a simple vista como muy elevados, pero debe considerarse que su productividad primaria es muy alta (López, 1989) y su factor de calidad también lo es, lo cual puede explicarse por la subvención ecosistémica propia de su posición relativa en la catena de sitio.

Cuadro 3.- Valores calculados de capacidad sustentadora potencial de cada Sitio y Condición de la Provincia Esteparia Muy Fría Tendencia Secoestival. Las cifras entre paréntesis son inferencias.
Calculated values for potential sheep carrying capacity determined for each range site and condition on the very-cold-steppe-dry-summer-tendency province.

Distrito	Sitio	Condición (UOM por ha año)				
		Excelente	Buena	Regular	Pobre	Muy Pobre
Depresional	Mallin hidromorfico	(85,00)	67,29	42,10	16,01	(8,00)
Depresional	Mallin mesomorfico	(271,00)	267,24	247,11	211,88	176,64
Depresional	Mallin xeromorfico	(135,00)	101,77	73,37	45,30	12,51
Plano	Coironal plano húmedo	29,76	17,68	6,59	(3,00)	(1,00)
Plano	Coironal plano seco	(15,0)	9,49	5,61	(2,1)	(0,6)
Plano	Coironal plano arenoso	(13,00)	(8,00)	4,94	(1,80)	(0,5)
Ondulado	Indiferenciado	(6,00)	4,09	2,30	(0,9)	(0,2)
Cerrano	Indiferenciado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Montano	Indiferenciado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Productividad Potencial de Peso Vivo Animal de los Sitios Según su Condición

La productividad de zoomasa o peso vivo del ganado y la productividad de lana del área de la estancia dedicado a los ovinos, corresponde a la productividad secundaria del ecosistema. La producción total del peso vivo animal de la estancia, considerada como una caja negra, fue calculada en base a la zoomasa de corderos vendidos, más las ovejas de desecho y otros grupos misceláneos, lo cual alcanza a 225.250 kg de P.V. al año (Cuadro 4). La producción media de peso vivo animal por ha y por año, en toda el área de las estancias, es de 6,48 kg.

Cuadro 4.-Valores calculados de la productividad secundaria potencial de peso vivo ovino de cada Sitio y Condición de la Provincia Esteparia Muy Fria Tendencia Secoestival. Las cifras entre paréntesis son inferencias.
Calculated potential sheep weight gains on each range site and condition on the very-cold-steppe-dry-summer-tendency province.

Distrito	Sitio	Condición (kg /ha/año de P.V.)				
		Excelente	Buena	Regular	Pobre	Muy Pobre
Depresional	Mallin hidromorfico	(73,9)	58,8	36,8	14,0	(6,9)
Depresional	Mallin mesomorfico	(218,8)	233,7	216,1	185,3	154,5
Depresional	Mallin xeromorfico	(117,4)	88,7	64,1	39,6	10,9
Plano	Coironal plano húmedo	26,0	15,4	5,7	(2,6)	(0,8)
Plano	Coironal plano seco	(13,0)	8,3	4,9	(1,8)	(0,5)
Plano	Coironal plano arenoso	(11,3)	(6,9)	4,3	(1,57)	(0,4)
Ondulado	Indefinido	(5,2)	4,7	2,0	(0,7)	0,17
Cerrano	Indefinido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Montano	Indefinido	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

La información disponible para el cálculo de la productividad secundaria de cada Sitio y Condición es insuficiente para hacer un cálculo preciso a través de métodos analíticos. Es posible establecer, como una primera aproximación, valores empíricos cercanos a la realidad. Para ello es menester aceptar tres postulados:

a) La productividad del predio se encuentra en estado de equilibrio.

b) La productividad sostenida global de la estancia es igual a la producción de corderos, más las ovejas de desecho y de otros grupos menores de ganado. En este caso corresponde a 225.250 kg de peso vivo animal.

c) La productividad de cada Sitio y Condición es proporcional a su capacidad sustentadora.

En esta forma se tiene:

$$\frac{225.250}{257.610} = 0{,}870 \text{ kg peso vivo UOM por año}$$

Productividad Potencial de Lana de los Sitios Según su Condición

La producción total de lana de la estancia es de 94.500 kg, por lo cual si se ocupan los mismos postulados anteriores que indican que la producción de lana es proporcional a la CS, expresado en Unidades ovina-mes se tiene:

$$\frac{94.500}{257.610} = 0{,}367 \text{ kg lana UOM /año}$$

lo cual indica que cada UOM contribuye a la producción con el equivalente a 0,367 kg de lana sucia (Cuadro 5). La producción global media de lana por ha de la estancia es de 2,72 kg al año.

Cuadro 5.-Valores calculados de la productividad potencial de lana de cada Sitio y Condición de la Provincia Esteparia Muy Fría Tendencia Secoestival. Las cifras entre parentesis son inferencias.
Calculated potential wool productivity on each range site and condition on the very-cold-steppe-dry-summer-tendency province.

Distrito	Sitio	Condición (kg/ha/año de lana sucia)				
		Excelente	Buena	Regular	Pobre	Muy Pobre
Depresional	Mallin hidromorfico	(31,4)	24,7	15,4	5,8	(2,96)
Depresional	Mallin mesomorfico	(99,5)	98,0	90,6	77,7	64,8
Depresional	Mallin xeromorfico	(49,9)	37,2	26,9	16,6	4,6
Plano	Coironal plano húmedo	10,9	6,5	2,4	(1,1)	(0,4)
Plano	Coironal plano seco	(5,5)	3,5	2,1	(0,8)	(0,2)
Plano	Coironal plano arenoso	(4,8)	2,9	1,8	(0,7)	(0,2)
Ondulado	Indefinido	(2,2)	2,0	0,8	(0,3)	(0,1)
Cerrano	Indefinido	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Montano	Indefinido	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0

Ajustes Periódicos y Espaciales de los cálculos

Los valores calculados de las capacidades sustentadoras de los diversos Sitios y Condición existentes en la Provincia Patagonia Occidental y de sus productividades de peso vivo animal y de lana deben ser considerados como una primera aproximación al problema, dado que no se dispone de la totalidad de la información requerida para hacer cálculos mas precisos. Los valores, sin embargo, deben ser considerados como aceptables, dado la alta cantidad de mediciones, el tiempo transcurrido de ajuste de la CG a la CS y de los análisis realizados.

El uso de estas cifras permite hacer cálculos más precisos de asignación de cargas ganaderas a cada campo de acuerdo a la superficie de cada Sitio y Condición que exista en el área. Los ajustes definitivos, sin embargo, se deben hacer cada año, de acuerdo a las condicionantes locales y a las características específicas del área y al comportamiento del ganado.

La determinación de la superficie de cada Sitio y de su Condición, en cualquier predio de la Provincia, permite contar con un conocimiento apriorístico de su capacidad sustentadora y de su productividad, lo cual es de valor para llevar a cabo estudios económicos y planes de manejo preliminares. Una vez aplicado se requiere hacer un ajuste local de cada predio a través de mediciones específicas y del monitoreo de la evolución de la Condición y de ajuste de la carga animal. Solo esto permite tener una mayor certeza de los resultados y de su aplicación local.

La Provincia, por presentar un amplio rango de extensión longitudinal y latitudinal, presenta también un rango de amplitud térmica y de precipitaciones, lo cual debe afectar cuantitativamente las cifras calculadas. Es por ello que se requiere, además, subdividir la Provincia en Subprovincias y asignarle coeficientes de ajuste a cada una, las cuales deben corresponder al mismo padrón ya descrito.

RESUMEN

Se desarrolla y describe un estudio holístico-empírico de cálculo de la capacidad sustentadora y productividad ganadera de los Sitios de una Ecorregión, la Provincia Esteparia Muy Fría Tendencia Secoestival o Patagonia Occidental. Basado en un estudio de caso, se determina la capacidad sustentadora y la productividad secundaria por unidad de superficie de la pradera, expresado en peso vivo animal y en lana. Considerando información primaria de varias estancias ganaderas ovinas se genera la información necesaria de la carga animal, estandarizada en unidades ovinames, mantenidas en condiciones de uso adecuado de las praderas, de los Sitios y de la Condición de la pradera, y a partir de lo cual se logra, finalmente, determinar, desarrollar y alimentar la base de datos correspondiente a la Ecorregión. Las estancias analizadas han sido utilizadas por ovinos desde comienzos del siglo XX. Durante la última década se ha ajustado anualmente la carga animal de manera de mantener estable la tendencia de la condición. El método se aplica y complementa al Sistema de Clasificación de Ecorregiones, previamente desarrollado en escala de Provincia, Distrito y Sitio, dentro del contexto administrativo correspondiente a predios rurales y a potreros o cercados.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ, G. 1990. El uso del cereal por las poblaciones de cérvidos (*Cervus elephus*, Dama dama, *Capreolus capreolus*) en una finca cinegética mediterranea. Ecología N° 4; 159-169.

BARTELS, G.B., NORTON, B.E. y PERRIER, G.K. 1993. An examination of the carrying capacity concept. En: R. H. Behnke Jr., I. Scooness and Kerven (eds). Range Ecology at Desequilibrium. Overseas Development Institute. U.K. pp. 89-103.

BONHAM, C.H. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. John Wiley & Sons. New York.

BORELLI, P., C. CHEPPI, M. IACOMINI y A. RAMSTON. 1983. Condición de pastizales en sitio terraza de Río Gallego. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Santa Cruz, Argentina.

BORELLI, P., F. ANGLESIO, C. BAETTI, C. CHEPPI, M. IACOMINI y A. RAMSTRON. 1988. Condición de pastizales en el sudeste de Santa Cruz (Patagonia). II Sitio "Santa Crusense" Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Santa Cruz. Argentina.

BRADLEY, R.G., y CROUT, N.M.J. 1992. Parch a users guide. Sutton Bonnington Leicester. U.K.; Tropical Crops Research Unit, University of Nottingham.

BRKLACICH, M., BRYANT, C. y SMITH, B. 1991. Review and appraisal of concept of sustainable food production systems. Environmental Management 15: 1-14.

BROWN, B., HANSON, M., LIVERMAN, D. y MERIDETH, R. 1987. Global sustainability: toward definition. Environmental Management 11: 713-719.

CAJANDER, A.K. 1926. The theory of forest types. Acta Forest. Fennica. 29: 1-108.

COSTELLO, D.F. 1956. Factors to consider in the evaluation of vegetation condition. Journal of Range Management 9: 73-74.

COTECOCA 1979. Coahuila. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Ganadería. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. México. D.F.

COUGHENOUR, H.B., COPPOCK, D.L., ELLIS, J.E. y ROWLAND, H. 1990. Herbaceous forage variability in an arid pastoral region of Kenya: importance of topographic and rainfall gradients. Journal of Arid Environments 19(2): 147-159.

CLAWSON, W.J., MC DOUGALD, N.J. y DUNCAN, D.A. 1982. Guidelines for residue management on annual range. Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Science. University of California.

DALL' ORSO, C. 1985. Análisis de los estados vegetacionales de la Estepa Matorral, bajo eficientes sistemas de uso con ovinos. Región de Magallanes. Tesis de Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso. Quillota, Chile. 88 pp.

DASMANN, W. 1945. A method for estimating carrying capacity of range lands. Journal of Forestry 43: 400-402.

DHONDT, A.A. 1989. Carrying capacity: a confusing concept. Acta Oecologica 9: 337-346.

DOYLE, C.J., EVANS, J. y ROSSITER, J. 1986. Agroforestry: an economic appraisal of the benefits of intercropping trees with grassland in lowland Britain. Agricultural System 21: 1-32.

DYKSTERHUIS, E.J. 1949. Condition and management of range land upon quantitative ecology. Journal of Range Management 2: 104-115.

DYKSTERHUIS, E.J. 1958. Ecological principles in range evaluation. Botanical Rev. 24: 253-272.

DYKSTERHUIS, E.J. 1958. Range conservation based on sites and condition classes. Journal of Soil and Water Conser. 13: 104-115.

ELLISON, L. 1960. Influence of grazing on plant successions of rangelands. Botanical Rev. 26: 1-78.

FERNANDEZ, P. 1995. Metodología para determinar la capacidad sustentadora animal en un contexto de uso múltiple. Aplicación al ecosistema mediterráneo. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Universidad de Cordoba, Cordoba, España.

FREEDMAN, H.I. 1980. Deterministic mathematical models in population ecology. Marcel Dekker, INC, New York.

GASTO, J. 1982. Dinámica de la descarga del pastizal por el herbívoro. Sistemas en Agricultura IISA 8203. P. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile.

GASTO, J., F. COSIO y D. PANARIO 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de Sitio y Condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos. CIID; Canadá. Quito, Ecuador.

GASTO, J., F. SILVA y F. COSIO. 1990. Sistema de clasificación de pastizales de Sudamérica. Sistemas en Agricultura IISA 9001. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Chile. Santiago.

GASTO, J., y S. GALLARDO. 1995. Ecorregiones de Chile. Superficie de pastizales, Existencia y Ganado y Productividad. Ciencia e Investigación Agraria 22:25-39.

GOLDSCHALK, D.R. 1977. Carrying capacity: a promising growth management tool. Environmental Comment: 10-11. The Urban Land Institute, Washington, DC.

GONZALEZ, F. 1981. Ecología y paisaje, Blume Ediciones. Madrid.

GREEN, B. 1985. Countryside conservation. The protection and management of amenity ecosystem. The Resource Management Series 3, UNWIN HYMAN, London.

HOBBS, N.T., BAKER, D.L., ELLIS, J.E., SWIFT, D.M. y GREEN, R.A. 1982. Energy and nitrogen based estimates of ELK winter-range carrying capacity. Journal of Wildlife Management 46: 12-21.

HODGSON, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forage Science 34: 11-18.

HOLECHEK, J.L., PIEPER, R.D. y HERBEL, C.H. 1989. Range management. Principles and practices. Ed. Prentice-Hall, New Jersey.

HUMPHREY, R.R. 1947. Range forage evaluation by the condition method. Journal Forestry, 45: 10-16.

HUSS, D.L. 1964. A glossary of thermes used in range managemt. Am. Soc. Range Manage. Portland, Oregon.

JOYCE, L.A. 1993. The life cycle of the range condition concept. Journal of Range Management, 46: 132-138.

KÖPPEN, W. 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica México, D.F.

LOPEZ, I., J. GASTO y F. COSIO. 1995. Caracterización de Distritos y Sitios de la Estepa Muy Fría Tendencia Secoestival o Patagonia Occidental. Agro Sur 23(1): 1-14.

LOPEZ, C., I. 1989. Caracterización de los Sitios, pastizales y determinación de la Condición y capacidad sustentadora. Estancia Baño Nuevo. Estepa Fria. Coyhaique. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía, Quillota.

MOTT, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. En: Proceeding of the VIII International Grassland Congress. Reading, England. pp. 606-611.

MURPHY, R. 1967. A spatial classification of landforms based on both genetic and empirical factors: a revisión. Ann. Asoc. Am. Geogr. 57: 185-186.

NIESWAND, G.H. y PIZOR, P. 1977. How to apply carrying capacity analysis. Environmental Comment: 8-10. The Urban Land Institute, Washington, D.C.

ODUM, E.P. 1953. Fundamentals of ecology. W.B. Saunders. Philadelphia.

PANARIO, D., E. MORATO, S. GALLARDO y J. GASTO 1988. Sitio en el sistema de clasificación de pastizales. Sistemas en Agricultura. IISA 8818. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Chile. Santiago.

PANARIO, D., S. GALLARDO y J. GASTO. 1998. Unidades germofológicas en el Sistema de Clasificación de Pastizales, Distrito. Sistemas en Agricultura IISA-8819. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Chile. Santiago.

PANARIO, D., E. MORATO, S. GALLARDO y J. GASTO 1988. Sitio en el Sistema de Clasificación de Pastizales. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, P. Universidad Católica de Chile. Sistemas en Agricultura IISA 88. Santiago.

PEREDA, N. 1992. Base de datos de ecorregión, Provincia Estepa Muy Fría Tendencia Secoestival ó Patagonia Occidental. Recopilación de Información. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Informe no publicado.

PRIETO, C., J.F. AGUILERA, L. LARA, y J. FONOLLA. 1990. Protein and energy requirements for maintenance of indigenous Granadina goats. British Journal of Nutrition 63: 155-163.

RODRIGUEZ, D. 1986. Recursos forrajeros utilizados en producción ovina, Zona Austral XII Región. En. G. García (ed). Producción ovina. Fac. de Ciencias Agr. y Forest. U. de Chile. Santiago.

ROSENWEIGH, M.L. 1968. Net primary productivity of terretrial communities: prediction from climatological data. Amer. Natur. 102:67-74.

RUTHERFORD, M.C. 1979. Plant-based techniques for determining available browse and browse utilization: a review. The Botanical Review, 42: 203-228.

SCARNECCHIA, D.L. 1990. Concepts of carrying capacity and subtitution ratios: a system viewpoint. Journal of Range Management 43: 553-555.

SHIFLET, T.N. 1973. Range sites and soils in the United States. U.S.A. - Australia Workschop.

SOIL CONSERVATION SERVICE. 1962. Technician guide to range site, condition classes and recommended stocking rates in soil conservation in districts of the foothill area of central montana. 10"-14" precipitation belt. U.S. Dept. Agriculture, Soil Conservation Service, Portland, Oregon. M-4377.

SOIL CONSERVATION SERVICE, 1962. Technicians guide to range site, condition class and recomended stocking rates in soil conservation districts. U.S. Dept. Agric. Soil Conservation Service. Lincoln, Nebraska.

SOIL CONSERVATION SERVICE 1975. National handbook for native grazing lands. U.S. Dept. Agric. Wash. D.C.

VIAL Y., G. 1991. Distrito, Sitios, productividad y movimientos del ganado en la Patagonia Occidental. Estancia Rio Cisnes, Coyhaique. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agrónomo. Quillota.

ZONEVELDJT, I.S. 1972. Evaluación de tierras y ciencias del paisaje. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. Montevideo, Uruguay.

EFECTO DE LA DENSIDAD POBLACIONAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA SOYA EN CULTIVOS DE PRIMAVERA Y VERANO[1]

EFFECT OF PLANTING DENSITY ON SOYBEAN PERFORMANCE IN SPRING AND SUMMER PLANTINGS

PATRICIO C. PARODI P. e ISABEL M. NEBREDA M.
Departamento de Ciencias Vegetales
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, Correo 22, Santiago

Summary

The objective of these experiments was to determine the effect of planting density, 400 and 500 thousand plants·ha^{-1}, on soybean genotypes grown as first planting (October) and second planting (end of December), in four locations in Central Chile, Curacavi and Pirque (MR), Placilla, VIIth Region, and Longavi, VIIIth Region, during the 1995/96 and 1996/97 cycles. Two genotypes belonging to maturity groups (MG) II and III were planted in October, and two MG II genotypes in December. Experiments were conducted in a split-plot design with four replications.

Both in spring and summer plantings, 500 thousand plants·ha^{-1} induced higher yields; population effect was larger in summer plantings. Spring planted material yielded 33% more than that evaluated in early summer plantings. Genotypic effects were observed in both planting periods. Yields deteriorated from north to south. Oil content presented no differences associated to plant population or to planting period. There were, however, significant location effects expressed in an increase in oil content from north to south, of 1.72 and 0.63 percentage points in spring and summer, respectively, between the geographic extremes. There were no population effects on protein content; however, there were location effects expressed as a north to south increment and, a moderate planting period effect which resulted in a 0.73 percentage points higher protein content in summer plantings. Oil and protein yield varied mainly due to seed yield differences.

Key words: soybean, *Glycine max* (L.) Merrill., planting density, genotypic effect, oil content

Ciencia e Inv. Agr. 26:139-148

INTRODUCCION

La producción nacional de aceite para consumo humano está concentrada principalmente en dos especies anuales, maravilla (*Helianthus annuus*) y canola (*Brassica napus*); una fracción menor del aceite producido en el país se extrae de maíz, pepa de uva y olivas. El resto del aceite necesario para cubrir la demanda nacional se importa, y es principalmente aceite de soya.

La maravilla como el canola han experimentado variaciones en sentido opuesto en sus superficies sembradas. La maravilla en 1997-98 presentó una superficie de sólo 3.542 ha, cuyo destino principal fue semilla híbrida para exportación. El canola, en cambio, ha experimentado una importante recuperación en su área sembrada, aumentando en 1997-98 a 20.210 ha, un 79,5% por sobre el ciclo anterior; la estimación para 1998-99 es de 32.000 ha. Además, el comportamiento del rendimiento de la maravilla ha sido atípico respecto a la mayoría de los otros cultivos anuales, en el sentido que la tendencia ha sido a la baja, desde 2.310 kg·ha^{-1} en 1989-90 a 1.340 kg·ha^{-1} en 1997-98; el canola presentó en esta serie de años una tendencia al alza, desde 1.670 kg·ha^{-1} en 1989/90 a 2.600 kg·ha^{-1} en 1995-96; el rendimiento de la temporada 1997-98 fue de 2.570 kg·ha^{-1}.

La producción nacional de aceite, y como consecuencia la de afrecho, ha sufrido un deterioro desde 32.110 ton en 1990 a 13.986 ton en 1996. Como consecuencia, el país ha aumentado progresivamente su dependencia del aceite y afrecho de oleaginosas foráneos para satisfacer su demanda interna, la que en 1996 fue de aproximadamente 169.800 ton.

La soya (*Glycine max* L. Merrill.) como alternativa para aumentar la producción de aceite y afrecho, y como una opción productiva adicional para la agricultura, ha sido discutida con frecuencia. La razón por la cual la soya se ha transformado en un cultivo importante en el mundo es porque su grano maduro contiene abundante proteína y lípidos

1 Investigación financiada por el Proyecto FONDECYT N°1930635.

(Krober y Cartter, 1962); los restantes constituyentes son celulosa y hemicelulosa, (alrededor del 17%), fibra cruda (5%), azúcares (7%), pentosanos (5%) y cenizas (6%). No obstante, la soya no existe en Chile como cultivo comercial, y la superficie que se destina a esta especie es básicamente para producir semilla para exportar al hemisferio norte. La soya ha demostrado un alto potencial de rendimiento en siembras de primavera, donde compite por suelo con el maíz, un cultivo de larga tradición en la agricultura nacional, y que además produce altos rendimientos, por ejemplo 9.400 $kg \cdot ha^{-1}$ en 1997-98. Una de las opciones que se ha considerado para la introducción de la soya en la agricultura de la Zona Centro Norte Regada, es su cultivo como segunda siembra, inmediatamente después de la cosecha del trigo.

Para introducir a esta especie como cultivo comercial, además de determinar cuales son los genotipos de mejor comportamiento, tanto en el sentido de adaptación amplia como estrecha (Parodi y Nebreda, 1998), es necesario establecer las prácticas de manejo agronómico que permitan optimizar la productividad de aceite y proteína. El objetivo de esta investigación fue determinar la respuesta a la densidad poblacional de cuatro genotipos de soya, pertenecientes a grupos de madurez intermedios (GM II y III), y sembrados en primavera y verano durante dos años en cuatro localidades de la Zona Centro Norte, determinando su rendimiento, contenido y producción de aceite y proteína.

Los cultivares de soya se adaptan a regiones relativamente estrechas en latitud, por lo que los términos de madurez precoz, intermedio y tardío carecen de significado a menos que se relacionen con una localidad y fecha de siembra específica (Cartter y Hartwig, 1962). La precocidad es un factor genético de considerable variabilidad, lo que ha permitido crear cultivares con un amplio rango de madurez, adaptados a diferentes condiciones ambientales. Estos se han agrupado en los llamados Grupos de Madurez (GM), donde el GM 00 es el más precoz y el X el más tardío (Parodi, 1983).

En Chile se recomienda utilizar cultivares precoces, con un ciclo de 130 a 160 días, para ser sembrados entre Coquimbo y Valdivia; es necesario, por cierto, usar el cultivar apropiado para cada zona (Basso, 1980). Valdivia, 1984, estima que el área de adaptación de la soya en Chile se ubica entre los 33° y 37° lat S, zona dentro de la cual los cultivares de mayor productividad son los pertenecientes a los GM I, II y III. Los cultivares de los GM 00 y 0 son muy precoces, y los del GM V no alcanzan a producir semillas, a pesar que en los Estados Unidos se adaptan a latitudes comparables a la zona potencial de cultivo en Chile. Esto se debería a la influencia de la temperatura, cuya variación diurna/nocturna es muy marcada en Chile.

La fecha de siembra influye sobre el rendimiento. La floración prematura inducida por fotoperíodos cortos es un factor que produce una disminución en el tamaño de la planta y reducción del rendimiento en siembras tardías (Board y Hall, 1984). Heatherly y Elmore (1986) sugirieron que temperaturas extremadamente altas, dentro del rango de 31,1° a 39,6°C, durante los estados reproductivos causan condiciones limitantes para el rendimiento; estos investigadores estiman que la longitud de los períodos vegetativo y reproductivo son limitantes sobre el rendimiento en siembras tardías.

Se estima que la fecha de siembra es el factor que tiene mayor influencia sobre el rendimiento (Weaver, Akridge y Thomas, 1991). Zúñiga, Parodi y Nebreda (1981) determinaron diferencias significativas sobre el rendimiento inducidas por fechas de siembra progresivamente más tardías, observándose reducciones significativas de rendimiento en la última fecha de siembra utilizada, mientras que no hubo diferencias significativas entre las dos primeras fechas de siembra. Parodi y Nebreda (1982) observaron significativas ventajas de productividad al sembrar temprano en primavera, versus atrasar la fecha de siembra en un mes. Parodi (1983) determinó que el atraso en la fecha de siembra ejerce su efecto negativo sobre el rendimiento al acortar el estado pre reproductivo de las plantas. Pfeiffer y Pilcher (1987) determinaron reducciones de rendimiento altamente significativas, entre el 7 y 10%, al atrasar la fecha de siembra considerada como óptima para un cultivar específico en una determinada localidad. Anderson y Vasilas (1985) informaron que el deterioro de rendimiento asociado al atraso en la fecha de siembra se debía principalmente a una reducción en el número de semillas por planta. Board (1987) detectó una correlación positiva y significativa entre el número de semillas por planta y el rendimiento; la correlación del rendimiento con el número de semillas por vaina y el peso de las semillas fue de menor magnitud.

El contenido de aceite de la soya presenta rangos relativamente estrechos. Pak y Barja (1975) lo ubican dentro de 19,9 y 24,3%; Nebreda, Parodi y Campos (1982) trabajando en la zona Centro Norte de Chile determinaron un rango aun más estrecho, 18,5 a 21,8%.

La temperatura es el principal factor ambiental que afecta la acumulación de aceite en la semilla (Cartter y Hartwig, 1962). Beatty, Eldridge y Simpson (1982) determinaron un efecto negativo y significativo del atraso de la fecha de siembra sobre el contenido de aceite. Leffel (1961), trabajando con cultivares tardíos informó de una disminución en el contenido de aceite desde el 21 al 17% atribuible a atrasos en la fecha de siembra; no obstante, en un cultivar precoz identificó un aumento en el contenido de aceite al atrasar la siembra. Valdivia (1979), en investigación realizada en Chile informó que las variaciones en el contenido de aceite asociadas al atraso en la fecha de siembra eran de baja magnitud.

El contenido de proteína de la soya se presenta en diferentes rangos. Pak y Barja (1975) informaron de valores entre 26,0 y 33,5%; Nebreda *et al.* (1982) determinaron en Chile niveles más altos y estrechos, 35,7 a 41,2%.

Valdivia (1979) informó de una tendencia al aumento del contenido de aceite al atrasar la fecha de siembra. Beech, Garside y Wood (1988) determinaron de una consistente asociación negativa entre el contenido de aceite y el contenido de proteína.

MATERIALES Y METODOS

Durante los ciclos 1995/96 y 1996/97, en las localidades de Curacaví y Pirque, RM, Placilla VI Región, y Longaví, VII Región, se sembró en primavera cuatro experimentos en los cuales se analizó la respuesta a la densidad poblacional, 400 y 500 mil plantas·ha^{-1}, de dos genotipos de soya pertenecientes a los GM II y III, y en verano, como segunda siembra, otros cuatro experimentos en los cuales se estudió la respuesta a esta variable de manejo agronómico de otros dos genotipos del GM II.

Los experimentos se condujeron bajo el diseño de parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, usando parcelas de cinco hileras de 4 m de largo espaciadas a 40 cm. Para calcular el efecto de años sobre las variables estudiadas, en cada grupo de material (primavera y verano) se realizó un análisis para determinar homogeneidad de varianzas; establecido ese hecho se realizó un análisis combinado de los dos años del estudio.

El material se inoculó con *Bradyrhizobium japonicum,* y se fertilizó con fósforo y potasio de acuerdo al análisis de suelo de cada localidad; se agregó como estárter, 25 kg·ha^{-1} de nitrógeno. Los experimentos se condujeron bajo riego; el control de malezas fue químico y mecánico; se controló insectos cuando fue necesario con los insecticidas apropiados. No hubo incidencia significativa de enfermedades.

Se determinó las variables tipo agronómico, altura de planta adulta, reacción a enfermedades, rendimiento de semilla (estandarizado a 8% de humedad), contenido de aceite y proteína, y rendimiento de aceite y proteína; sólo las cinco últimas se discuten en esta publicación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la densidad poblacional sobre el rendimiento de semilla se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Rendimiento de semilla en siembras de primavera y verano de dos genotipos de soya bajo dos densidades poblacionales, en cuatro localidades durante 2 años.
Seed yield of two soybean genotypes in spring and summer plantings under two population densities, in four locations during 2 years.

Genotipo	Población semillas·ha^{-1} x 1000	Rendimiento kg·ha^{-1} Localidad			
		Curacaví	Pirque	Placilla	Longaví
		Siembra de primavera			
P 9303	400	3315 b[1]	2950 a	2845 b	2510 b
	500	3512 a	3033 a	2912 a	2612 a
P 9304	400	2765 c	2787 b	2555 c	1955 d
	500	2879 c	2967 a	2633 c	2036 c
		Siembra de verano			
P 9241	400	1768 d	610 c	1466 d	1500 c
	500	1849 c	1750 c	1679 c	1563 c
Y 9196	400	2670 b	2817 b	2145 b	2120 b
	500	2777 a	2955 a	2340 a	2289 a

1 Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, en cada época de siembra, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

El primer aspecto que destaca de esta información es la diferencia de rendimiento observada en siembras de primavera versus siembras de verano. Así, en promedio sobre genotipo, población y localidad, la siembras de primavera presentaron un ren-

dimiento de 2766,6 kg·ha^{-1}, con un rango entre 1955 (P 9304 con 400 mil plantas·ha^{-1} en Longaví) y 3512 kg·ha^{-1} (P 9303 con 500 mil plantas por hectárea en Curacaví). El promedio de rendimiento de las siembras de verano fue de 2081,1 kg·ha^{-1}, con un rango entre 1466 (P 9241 con 400 mil plantas·ha^{-1} en Placilla) y 2955 kg·ha^{-1} (Y 9196 con 500 mil plantas·ha^{-1} en Pirque). Esto representa un menor rendimiento de 685,5 kg·ha^{-1}, equivalente a un deterioro de aproximadamente 25%. La expresión mínima del rendimiento tuvo una reducción de 489 kg·ha^{-1}, también aproximadamente 25%, mientras que la máxima expresión del rendimiento se redujo en siembras de verano en 557 kg·ha^{-1}, equivalente a un 16%.

Otro aspecto importante respecto al rendimiento se refiere a diferencias genotípicas en ambas épocas de siembra, lo que sugiere distinta adaptación de los cultivares a las condiciones ambientales de su período de desarrollo. Así, en las siembras de primavera, el cultivar P 9303 produjo rendimientos consistentemente superiores a los de P 9304, promediando sobre población y localidades 2961,1 kg·ha^{-1}, versus 2572,1 kg·ha^{-1} de P 9304, una mayor productividad equivalente al 15%. En las siembras de verano se destacó el cultivar Y 9196, cuyo rendimiento promedio sobre población y localidades fue de 2514 kg·ha^{-1}, versus 1648,1 kg·ha^{-1} de P 9241, una diferencia del 52%.

La tercera observación general derivada de estos datos, fue un deterioro del rendimiento de semilla de norte a sur, tanto en siembras de primavera como de verano. En siembras de primavera, el promedio de rendimiento de los genotipos, sobre poblaciones, fue de 3117,8, 2934,3, 2736,3 y 2278,3 kg·ha^{-1} en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente; es claro que el mayor margen de deterioro se produjo al comparar Placilla con Longaví. En siembras de verano, el rendimiento promedio por localidad, sobre población, fue de 2266,0, 2283,0, 1907,5 y 1868,0 kg·ha^{-1} en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente; en esta época de siembra, las localidades de Curacaví y Pirque, y Placilla y Longaví, produjeron rendimientos similares entre sí.

Siendo el objetivo principal de esta serie de experimentos determinar el efecto de la población, se pudo establecer que en siembras de primavera, la mayor población, 500 mil plantas·ha^{-1}, indujo rendimientos superiores, con diferencias estadísticamente significativas en el cultivar P 9303 en Curacaví, Placilla y Longaví, y para el cultivar P 9304 en Pirque y Longaví. En promedio, el genotipo P 9303 produjo, con una población de 400 mil plantas·ha^{-1} un rendimiento de 2905,0 kg·ha^{-1}, y con la población de 500 mil plantas·ha^{-1} 3017,3 kg·ha^{-1}, una diferencia a favor de la mayor población del 3,86%. El rendimiento promedio del cultivar P 9304 con 400 mil plantas·ha^{-1} fue de 2515,5 kg·ha^{-1}, y de 2628,8 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas por hectárea, una diferencia del 4,50%. En las siembras de verano también se produjeron diferencias a favor de la mayor población, las que fueron estadísticamente significativas para el cultivar P 9241 en Curacaví y Placilla, y para el cultivar Y 9196 en las cuatro localidades. En promedio, el genotipo P 9241 produjo con 400 mil plantas·ha^{-1} un rendimiento de 1586,0 kg·ha^{-1}, y de 1710,3 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas·ha^{-1}, diferencia del 7,84% a favor de la mayor población. El genotipo Y 9196 presentó con 400 mil plantas·ha^{-1} un rendimiento promedio de 2438,0 kg·ha^{-1}, y de 2590,3 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas·ha^{-1}, diferencia a favor de la mayor población del 6,24%.

Estos datos sugieren que en esta serie de experimento el factor población tuvo una mayor incidencia en las siembras de verano que en las de primavera, factor que puede ser atribuido a las condiciones ambientales, a los genotipos, o a una interacción entre ambos. No obstante, el efecto de la población sobre el rendimiento fue de magnitud comparativamente baja con relación a los otros factores mencionados, fecha de siembra, genotipo y localidad.

En el Cuadro 2 se presenta la información de contenido de aceite derivada de esta serie de experimentos. Aunque la literatura señala que la deposición de aceite está muy influida por la temperatura, en esta serie de experimentos no se observó diferencias importantes atribuibles a la fecha de siembra. Así, en las siembras de primavera, el contenido promedio de aceite por sobre genotipo, población y localidad fue de 25,15%; en siembras de verano el promedio general fue de 24,98%; la diferencia entre fechas de siembra fue, en consecuencia de 0,17 puntos porcentuales. En ambas fechas de siembra el rango fue estrecho, en primavera entre 24,1% (P 9304 con 500 mil plantas·ha^{-1} en Pirque, y 26,8% (P 9303 con 500 mil plantas·ha^{-1} en Longaví; en verano el menor contenido de aceite,

24,0%, lo presentó Y 9196 con 400 mil plantas·ha^{-1} en Curacaví, y el mayor, 25,9%, P 9241 con 400 mil plantas·ha^{-1} en Placilla.

Cuadro 2.- Contenido de aceite en siembras de primavera y verano de dos genotipos de soya bajo dos densidades poblacionales, en cuatro localidades durante 2 años.
Oil content of two soybean genotypes in spring and summer plantings under two population densities, in four locations during 2 years.

Genotipo	Población semillas·ha^{-1} x 1000	Contenido de aceite % Localidad			
		Curacaví	Pirque	Placilla	Longaví
		Siembra de primavera			
P 9303	400	25,5 a[1]	25,0 a	26,3 a	26,7 a
	500	25,6 a	24,4 a	25,9 a	26,8 a
P 9304	400	24,3 b	24,2 b	24,5 b	25,2 b
	500	24,5 b	24,1 b	24,3 b	25,1 b
		Siembra de verano			
P 9241	400	25,7 a	25,8 a	25,9 a	25,8 a
	500	24,4 a	25,6 a	25,2 b	25,7 a
Y 9196	400	24,0 b	24,1 b	24,7 c	24,6 b
	500	24,1 b	24,5 b	25,0 b	24,6 b

1 Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, en cada época de siembra, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

El efecto de genotipos fue notorio y estadísticamente significativo en ambas fechas de siembra. En las siembras realizadas en primavera el contenido promedio de aceite por sobre población y localidad de P 9303 fue consistente y significativamente mayor que el de P 9304, 25,78 versus 24,52%. Así mismo, en siembras de verano, el contenido promedio de aceite de P 9241 fue consistente y significativamente superior al de Y 9196, 25,51 versus 24,45%.

El efecto de localidades se expresó en un alza en el contenido de aceite de norte a sur que no fue de gran magnitud. En siembras de primavera, por sobre genotipo y población, el contenido de aceite fue de 24,23; 24,43; 25,25 y 25,95% en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente, una diferencia de 1,72 puntos porcentuales entre los extremos. El material sembrado en verano presentó contenidos promedio de aceite de 24,55; 25,00; 25,20 y 25,18% en las mismas localidades, con una diferencia entre los extremos de 0,63 puntos porcentuales, menor que la registrada en siembras de primavera.

Con una excepción, no hubo efecto de la población sobre el contenido de aceite; el genotipo Y 9196 presentó una diferencia significativa a favor de la mayor población, 25,0 versus 24,7%. En todos los otros casos las diferencias fueron inconsistentes, de baja magnitud, y no significativas.

La información sólo demuestra dentro de una moderada tendencia de incremento en el contenido de aceite de norte a sur, en ambas épocas de siembra, un efecto significativo de los genotipos, y ausencia de efectos atribuibles a la densidad poblacional.

Los datos de contenido de proteína se presentan en el Cuadro 3. El efecto de fecha de siembra fue de mayor magnitud que en el contenido de aceite. Así, en los experimentos sembrados en primavera, el contenido promedio de proteína, por sobre genotipo, población y localidad fue de 34,43%; en las siembras de verano el valor promedio del contenido de proteína fue de 35,16%, una diferencia de 0,73 puntos porcentuales a favor de las siembras de verano.

Cuadro 3.- Contenido de proteína en siembras de primavera y verano de dos genotipos de soya bajo dos densidades poblacionales, en cuatro localidades durante 2 años.
Protein content of two soybean genotypes in spring and summer plantings under two population densities, in four locations during 2 years.

Genotipo	Población semillas·ha^{-1} x 1000	Contenido de proteína % Localidad			
		Curacaví	Pirque	Placilla	Longaví
		Siembra de primavera			
P 9303	400	33,2 b[1]	33,0 b	34,5 b	35,0 a
	500	33,3 b	33,2 b	34,2 b	34,8 a
P 9304	400	35,7 a	34,1 a	34,7 b	35,3 a
	500	35,3 a	34,3 a	35,1 a	35,2 a
		Siembra de verano			
P 9241	400	34,5 b	35,2 a	34,6 b	35,8 a
	500	34,1 b	35,7 a	34,6 b	35,3 a
Y 9196	400	35,7 a	34,7 a	35,8 a	35,0 a
	500	35,8 a	34,5 a	36,0 a	35,2 a

1 Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, en cada época de siembra, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

Como en el caso del contenido de aceite hubo diferencias genotípicas en ambas épocas de siembra. En la serie de experimentos sembrados en primavera, el cultivar P 9304 presentó un contenido proteico significativamente mayor que P 9303, excepto en la localidad de Longaví, donde no hubo diferencias estadísticas. En promedio, por sobre dosis y localidades, P 9303 produjo un contenido proteico de 33,9%; el contenido de proteína de P 9304 fue 1,1 puntos porcentuales más alto, 35,0%. En las siembras realizadas en verano las diferencia entre genotipos sólo fueron estadísticamente significativas en las localidades de Curacaví y Placilla,

donde el genotipo Y 9196 presentó un mayor contenido proteico. En promedio, sobre población y localidad, P 9241 tuvo un contenido de proteína de 35,0%, e Y 9196 de 35,3%.

El efecto de localidades se expresó mayoritariamente en una tendencia de incremento del contenido de proteína de norte a sur. En los experimentos sembrados en primavera, el contenido de proteína fue de 34,4; 33,7; 34,6 y 35,1% en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente. En las siembras de verano el comportamiento promedio del contenido de proteína por localidad, por sobre población, fue de 35,0; 35,0; 35,3 y 35,3% en las mismas localidades.

Un punto de alto interés dentro de estos resultados, dado que el objetivo principal de esta investigación era determinar el efecto de la densidad poblacional, fue la ausencia de diferencias estadísticamente significativas atribuibles a ese factor de manejo.

Los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento de aceite se presentan en el Cuadro 4. Dado que hubo diferencias en el rendimiento de semilla a favor de los experimentos sembrados en primavera versus los sembrados en verano, era de esperarse efectos similares en el rendimiento de aceite, sobre el cual los efectos de la época de siembra fueron menores (0,17 puntos porcentuales). En efecto, en siembras de primavera, el rendimiento promedio de aceite, por sobre genotipo, población y localidad fue de 697,6 kg·ha^{-1}; en siembras de verano la productividad de aceite bajó a 518,2 kg·ha^{-1}, un deterioro del 25,7%, similar al observado para el rendimiento de semilla, lo que sugiere que todo el cambio detectado estuvo asociado al comportamiento de la productividad de semilla.

Cuadro 4.- Rendimiento de aceite en siembras de primavera y verano de dos genotipos de soya bajo dos densidades poblacionales, en cuatro localidades durante 2 años.
Oil yield of two soybean genotypes in spring and summer plantings under two population densities, in four locations during 2 years.

Genotipo	Población semillas·ha^{-1} x 1000	Rendimiento de aceite kg·ha^{-1} Localidad Curacaví	Pirque	Placilla	Longaví
		Siembra de primavera			
P 9303	400	845,3 b[1]	737,5 a	748,2 a	670,2 b
	500	899,1 a	770,4 a	754,2 a	700,0 a
P 9304	400	671,9 d	674,5 b	626,0 b	492,7 c
	500	705,4 c	715,0 ab	639,8 b	511,0 c
		Siembra de verano			
P 9241	400	454,4 c	415,4 d	379,7 d	387,0 d
	500	469,6 c	448,0 c	423,1 c	401,7 c
Y 9196	400	640,8 b	678,9 b	529,8 b	521,5 b
	500	669,3 a	724,0 a	585,0 a	563,1 a

1 Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, en cada época de siembra, no son estadísticamente diferentes, Duncan 0,05.

También dentro de lo esperado, hubo efectos significativos asociados a genotipos, en ambas épocas de siembra. En los experimentos conducidos en primavera, el genotipo P 9303, el cual había presentado rendimientos de semilla significativamente más altos que P 9304, fue también estadísticamente superior en cuanto a productividad de aceite en todas las localidades y densidades poblacionales, excepto 500 mil plantas·ha^{-1} en Pirque, con un rendimiento promedio de aceite, sobre localidad y población, de 765,6 kg·ha^{-1}, versus 629,5 kg·ha^{-1} de P 9304, diferencia de aproximadamente el 18%, algo mayor que la observada en el rendimiento de semilla, 15%. En los experimentos sembrados en verano el genotipo Y 9196, que había superado significativamente el rendimiento de semilla de P 9241 en un 52%, presentó un rendimiento promedio de aceite, por sobre localidad y población, de 614,1 kg·ha^{-1} en comparación con 422,4 kg·ha^{-1} de P 9241, una diferencia de aproximadamente 45%.

Se había observado (Cuadro 1) un deterioro del rendimiento de semilla de norte a sur, asociado a un alza en el contenido de aceite de menor magnitud (1,72 puntos porcentuales) en la misma dirección geográfica. Esto se expresó también en el rendimiento de aceite, cuyos valores en los experimentos sembrados en primavera fueron de 780,4; 724,4; 692,1 y 593,5 kg·ha^{-1} en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente, lo que significa un deterioro en Longaví respecto a Curacaví de 186,9 kg·ha^{-1}, o un 24%. En los experimentos sembrados en verano, el rendimiento promedio de aceite por localidad, por sobre genotipo y población, fue de 558,5; 566,6; 479,4 y 468,3 kg·ha^{-1}, lo que se expresa en un deterioro en Longaví respecto a Pirque de 98,3 kg·ha^{-1}, equivalente al 17%.

La densidad poblacional tuvo efectos significativos sobre el rendimiento de aceite, producto más bien de la influencia de este factor de manejo sobre el rendimiento de semilla que sobre el contenido de aceite. En los experimentos sembrados en primavera, donde el efecto de la densidad poblacional se expresó en un mayor rendimiento de semilla del 3,86% con 500 mil plantas·ha^{-1} en el cultivar P 9303, el rendimiento de aceite de este genotipo fue significativamente superior con 500 mil plantas·ha^{-1} en Curacaví y Longaví; no hubo diferencias estadísticas en las otras dos localidades. En promedio, sobre localidades, la densidad de 400 mil plantas·ha^{-1} indujo en este genotipo un rendimiento de aceite de 750,3 kg·ha^{-1}; con 500 mil plantas·ha^{-1}

P 9303 rindió 780,9 kg·ha^{-1} de aceite, una diferencia del 4,1%. En el genotipo P 9304, donde 500 mil plantas·ha^{-1} indujeron un mayor rendimiento de semilla de 4,50%, sólo hubo una diferencia significativa a favor de la mayor densidad poblacional, expresada en la localidad de Curacaví, 705,4 versus 671,9 kg·ha^{-1}. En promedio, este genotipo rindió 616,3 kg·ha^{-1} de aceite con 400 mil plantas·ha^{-1}, y 642,8 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas·ha^{-1}, una diferencia del 4,30%. En los experimentos sembrados en verano, la mayor densidad poblacional, que había inducido mayor rendimiento con la dosis mayor, también indujo consistente y significativamente en ambos genotipos un mayor rendimiento de aceite. P 9241, que había expresado un mayor rendimiento de semilla del 7,84% con 500 mil plantas·ha^{-1}, con 400 mil plantas·ha^{-1} produjo 409,1 kg·ha^{-1} de aceite, y 435,6 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas·ha^{-1}, una diferencia del 6,48%. El genotipo Y 9196, cuyo rendimiento de semilla se había favorecido en un 6,24% con 500 mil plantas·ha^{-1}, con 400 mil plantas·ha^{-1} produjo 592,8 kg·ha^{-1} de aceite, y con 500 mil plantas·ha^{-1} 635,4 kg·ha^{-1} de aceite, una diferencia del 7,19%.

El rendimiento de proteína, Cuadro 5, tuvo un comportamiento similar al rendimiento de aceite, en el sentido que la variable preponderante fue el rendimiento de semilla (Cuadro 1).

Cuadro 5.- Rendimiento de proteìna en siembras de primavera y verano de dos genotipos de soya bajo dos densidades poblacionales, en cuatro localidades durante 2 años.
Protein yield of two soybean genotypes in spring and summer plantings under two population densities, in four locations during 2 years.

Genotipo	Población semillas·ha^{-1} x 1000	Rendimiento de proteína kg·ha^{-1} Localidad			
		Curacaví	Pirque	Placilla	Longaví
		Siembra de primavera			
P 9303	400	1100,6 ab[1]	973,5 b	981,5 a	978,5 a
	500	1169,5 a	1007,0 a	995,9 a	909,0 b
P 9304	400	987,1 c	950,4 b	886,6 b	690,1 c
	500	1016,3 b	1017,7 a	924,2 ab	716,7 c
		Siembra de verano			
P 9241	400	610,0 b	566,7 d	507,2 d	537,0 c
	500	630,5 b	624,8 c	580,9 c	551,7 c
Y 9196	400	953,2 a	977,5 b	767,9 b	742,0 b
	500	994,2 a	1019,5 a	842,4 a	805,7 a

1 Los valores unidos por la misma letra, en cada columna, en cada época de siembra, no son estadìsticamente diferentes, Duncan 0,05.

El rendimiento de semilla fue superior en las siembras de primavera versus las siembras de verano, lo que se expresó en el rendimiento de proteína. Así, en los experimentos sembrados en primavera, el rendimiento promedio de proteína, por sobre genotipo, localidad y población fue de 956,5 kg·ha^{-1}, en comparación con 732,0 kg·ha^{-1} en los experimentos sembrados en verano, lo que significa un deterioro de productividad en siembras de verano del orden del 23,5%.

En ambas épocas de siembra hubo también diferencias asociadas a genotipos. En los experimentos sembrados en primavera, el genotipo P 9303, que había presentado un rendimiento de semilla estadísticamente superior a P 9304, tuvo un rendimiento promedio de proteína por sobre localidad y población de 1014,4 kg·ha^{-1}; el genotipo P 9304 tuvo un rendimiento de proteína promedio de 898,6 kg·ha^{-1}. En promedio, en consecuencia, el genotipo P 9303 tuvo una productividad promedio de proteína 12,9% mayor a P 9304. La significación estadística de las diferencias se expresó sólo en la localidad de Longaví en ambas densidades poblacionales, y en Curacaví con 500 mil plantas·ha^{-1}. En los experimentos sembrados en verano, el genotipo Y 9196 fue significativamente superior a P 9241 en rendimiento de semilla, con una diferencia del 52%. En cuanto a rendimiento promedio de proteína, por sobre localidad y densidad poblacional, Y 9196 presentó un valor de 887,8 kg·ha^{-1}, un 54% superior a los 576,1 kg·ha^{-1} producidos por P 9241. La superioridad de Y 9196 fue estadísticamente significativa en todas las localidades y densidades poblacionales.

El deterioro en el rendimiento de semilla observado de norte a sur, y el moderado incremento en el contenido de proteína en esa misma dirección geográfica, se expresó también en el rendimiento de proteína. De esta forma, la productividad proteica promedio, por sobre densidad poblacional en los experimentos sembrados en primavera fue de 1068,4; 987,2; 947,1 y 823,6 kg·ha^{-1} en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente, lo que se expresa en una diferencia ente los extremos de 244,8 kg·ha^{-1} de proteína, equivalente a un deterioro en Longaví en comparación con Curacaví del 22,9%. En los experimentos sembrados en verano el rendimiento promedio de proteína, por sobre densidad poblacional, fue de 797,0; 797,1; 674,6 y 659,1 kg·ha^{-1} en Curacaví, Pirque, Placilla y Longaví, respectivamente, un deterioro de 138 kg·ha^{-1} o 17,3% en Longaví con relación a Pirque.

El rendimiento de semilla en los experimentos sembrados en primavera fue en promedio, por

sobre genotipo, localidad y población, de 2766,6 kg·ha^{-1}, versus 2081,1 kg·ha^{-1} en las siembras de verano.

El rendimiento de semilla del genotipo P 9303 fue consistentemente superior al del genotipo P 9304. La más alta población de plantas indujo un mayor rendimiento de semilla del 3,86 y 4,50% en P 9303 y P 9404, respectivamente. No hubo efectos estadísticamente significativos de la población sobre el contenido de proteína. La densidad poblacional que se había expresado en el genotipo P 9303 en una diferencia del 3,86% en el rendimiento de semilla a favor de las 500 mil plantas·ha^{-1}, tuvo un efecto promedio en el rendimiento de proteína, por sobre localidades, del 1,17%, 1020,4 versus 1008.5 kg·ha^{-1}. El comportamiento de esta variable no fue consistente, dado que no hubo diferencias significativas en Curacaví y Placilla; 500 mil plantas·ha^{-1} fue estadísticamente superior en Pirque y significativamente inferior en Longaví. En el genotipo P 9304 la mayor población había inducido un rendimiento de semilla 4,50% superior; en cuanto a rendimiento de proteína, la diferencia también fue a favor de las 500 mil plantas·ha^{-1}, 918,7 versus 878,6 kg·ha^{-1}, el 4,6%. En este genotipo, la mayor población de plantas indujo rendimientos de proteína significativamente mayores en Curacaví y Pirque; en las otras dos localidades las diferencias no fueron significativas. Respecto a los experimentos sembrados en verano, se había producido un deterioro en el rendimiento de semilla del 25% con relación a los experimentos sembrados en primavera; el genotipo Y 9196 presentó un mayor rendimiento de semilla 52% superior a P 9241.

La densidad poblacional incidió sobre el rendimiento de semilla en ambos genotipos; P 9241 e Y 9196, con la población de plantas más alta presentaron rendimientos 7,84 y 6,24% superiores. No hubo diferencias significativas en el contenido de proteína atribuibles a población. En el genotipo P 9241 el rendimiento promedio de proteína fue de 555,23 kg·ha^{-1} con 400 mil plantas·ha^{-1}, y de 596,98 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas·ha^{-1}, una diferencia del 7,5% a favor de la más alta población; las diferencias fueron estadísticamente significativas en Pirque y Placilla. El genotipo Y 9196 presentó, con 400 mil plantas·ha^{-1} un rendimiento de proteína de 860,15 kg·ha^{-1}, y de 915,45 kg·ha^{-1} con 500 mil plantas·ha^{-1}, diferencia del 6,4%; hubo significación estadística en las localidades de Pirque, Placilla y Longaví.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de esta serie de experimentos fue determinar el efecto de la población. Se determinó que tanto en las siembras de primavera como en las de verano, la población de 500 mil plantas·ha^{-1} indujo rendimientos superiores.

Los datos sugieren que en esta serie de experimento el factor población tuvo una mayor incidencia en las siembras de verano que en las de primavera, lo que puede ser atribuido a las condiciones ambientales, a los genotipos, o a una interacción entre ambos. No obstante, el efecto de la población sobre el rendimiento fue de magnitud comparativamente baja con relación a los otros factores mencionados, fecha de siembra, genotipo y localidad.

Respecto a los resultados de rendimiento, el primer aspecto que destaca es la diferencia observada en siembras de primavera versus siembras de verano, de tal forma que en promedio, sobre genotipos, población y localidad, las siembras de primavera presentaron un rendimiento promedio de 2766,6 kg·ha^{-1}, en contraste con un promedio de rendimiento de las siembras de verano de 2081,1 kg·ha^{-1}, equivalente a un deterioro de cerca del 25% al sembrar el material más tarde. La expresión mínima del rendimiento tuvo una reducción de 489 kg·ha^{-1}, también aproximadamente 25%, mientras que la máxima expresión del rendimiento se redujo en siembras de verano en 557 kg·ha^{-1}, equivalente a un 16%. En segundo lugar respecto al rendimiento, hubo diferencias genotípicas en ambas épocas de siembra, lo que sugiere distinta adaptación de los cultivares a las condiciones ambientales de su período de desarrollo. La tercera observación general derivada de estos datos, fue un deterioro del rendimiento de semilla de norte a sur, tanto en siembras de primavera como de verano.

Aunque la literatura señala que la deposición de aceite está muy influida por la temperatura, lo que debería haber significado menor contenido de aceite en las siembras de verano, en esta serie de experimentos no se observó diferencias importantes atribuibles a la fecha de siembra. No obstante, el efecto de genotipos fue notorio y estadísticamente significativo en ambas fechas de siembra. El efecto de localidades se expresó en un alza en el contenido de aceite de norte a sur, el que no fue de gran magnitud. En siembras de primavera, por sobre genotipo y población, el contenido de aceite pre-

sentó una diferencia de 1,72 puntos porcentuales entre los extremos. En el material sembrado en verano la diferencia entre los extremos fue de 0,63 puntos porcentuales, menor que la registrada en siembras de primavera. En todos los otros casos las diferencias fueron inconsistentes, de baja magnitud, y no significativas. La información sólo demuestra dentro de una moderada tendencia de incremento en el contenido de aceite de norte a sur, en ambas épocas de siembra, un efecto significativo de los genotipos, y ausencia de efectos atribuibles a la densidad poblacional.

Respecto al contenido de proteína, el efecto de la fecha de siembra fue de mayor magnitud que sobre el contenido de aceite; en los experimentos sembrados en primavera, el contenido promedio de proteína, por sobre genotipo, población y localidad fue de 34,43%; en las siembras de verano este valor fue de 35,16%, una diferencia de 0,73 puntos porcentuales a favor de las siembras de verano. Hubo diferencias genotípicas en ambas épocas de siembra. El efecto de localidades se expresó mayoritariamente en un incremento del contenido de proteína de norte a sur. Es de alto interés dentro de estos resultados, dado que el objetivo principal de esta investigación era determinar el efecto de la densidad poblacional, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en el contenido de proteína atribuibles a ese factor de manejo.

En cuanto a rendimiento de aceite, dado que hubo diferencias en el rendimiento de semilla a favor de los experimentos sembrados en primavera versus los sembrados en verano, era de esperarse efectos similares sobre este componente, sobre el cual los efectos de la época de siembra fueron menores (0,17 puntos porcentuales). En siembras de verano la productividad de aceite presentó un deterioro del 25,7%, similar al observado para el rendimiento de semilla, lo que sugiere que el cambio detectado estuvo mayoritariamente asociado al comportamiento de la productividad de semilla. Hubo también efectos significativos asociados a genotipos en ambas épocas de siembra. Se observó deterioro del rendimiento de semilla de norte a sur, asociado a un incremento en el contenido de aceite de menor magnitud (1,72 puntos porcentuales) en la misma dirección geográfica. Esto se expresó también en el rendimiento de aceite. La densidad poblacional tuvo efectos significativos sobre el rendimiento de aceite, producto de la influencia de este factor de manejo sobre el rendimiento de semilla más que sobre el contenido de aceite.

El rendimiento de proteína se comportó en forma similar al rendimiento de aceite, donde la variable preponderante fue el rendimiento de semilla. Este componente fue superior en las siembras de primavera versus las siembras de verano, lo que se expresó en el rendimiento de proteína. En ambas épocas de siembra hubo también diferencias asociadas a genotipos. El deterioro en el rendimiento de semilla observado de norte a sur, y el moderado incremento en el contenido de proteína en esa misma dirección geográfica, se expresó también en el rendimiento de proteína. De esta forma, la productividad proteica promedio, por sobre densidad poblacional se expresó en un deterioro en Longaví en comparación con Curacaví del 22,9%. En los experimentos sembrados en verano el rendimiento promedio de proteína por sobre densidad poblacional tuvo un deterioro de 138 kg·ha^{-1} o 17,3% en Longaví con relación a Pirque. No hubo efectos estadísticamente significativos de la población sobre el rendimiento de proteína.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la densidad poblacional, 400 y 500 mil plantas·ha^{-1}, sobre genotipos de soya cultivados como primera siembra (Octubre) y segunda siembra (fines de Diciembre), durante los ciclos 1995/96 y 1996/97, se sembró en Octubre, en las localidades de Curacaví y Pirque, RM, Placilla, VI Región y Longaví, VII Región, dos genotipos de los grupos de madurez (GM) II y III, y en Diciembre dos genotipos pertenecientes al GM II. Los experimentos se condujeron bajo el diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Se evaluó rendimiento de semilla, y contenido y rendimiento de aceite y proteína.

Se determinó que tanto en siembras de primavera como de verano la población de 500 mil plantas·ha^{-1} indujo rendimientos superiores, con mayor incidencia en las siembras de verano. Los experimentos sembrados en Octubre produjeron un rendimiento promedio 33% más alto que los sembrados en Diciembre. En ambas épocas de siembra hubo diferencias genotípicas. Se observó además un deterioro de rendimiento de norte a sur.

En el contenido de aceite no se observó diferencias atribuibles a la población de plantas ni a la época

de siembra. Hubo, no obstante, efectos significativos de genotipos y de localidades, expresado en un incremento en el contenido de aceite de norte a sur, de 1,72 y 0,63 puntos porcentuales, respectivamente, entre los extremos geográficos. No hubo efectos de población sobre el contenido de proteína; sin embargo, sí lo hubo de localidades, donde también se produjo un incremento de norte a sur y, un efecto moderado de épocas de siembra, expresado en una diferencia de 0,73 puntos porcentuales a favor de las siembras de verano. El rendimiento de aceite y proteína varió principalmente por efecto de las diferencias en el rendimiento de semilla.

LITERATURA CITADA

ANDERSON, L. R. y B. L. VASILAS. 1985. Effects of planting date on two soybean cultivars: seasonal dry matter accumulation and seed yield. Crop Sci. 25:999-1004.

BASSO, J. C. 1980. Más proteínas para Chile. Soya. Chile Agrícola 5:226-229.

BEATTY, K. D., I. L. ELDRIDGE y A. M. SIMPSON JR. 1982. Soybean response to different planting patterns and dates. Agron. J. 74:859-862.

BEECH, D. F., A. L. GARSIDE e I. M. WOOD. 1988. Response of soybeans to sowing date during the wet season in the Ord Irrigation Area, Western Australia. Austr. J. Exp. Agric. 28:357-365.

BOARD, J. E. y W. HALL. 1984. Premature flowering in soybean yield reduction at nonoptimal planting dates as influenced by temperature and photoperiod. Agron. J. 76:700-704.

CARTTER, J. L. y E. HARTWIG. 1962. The management of soybeans. Adv. Agr. 14:359-412.

HEATHERLY, L. G. y C. D. ELMORE. 1986. Irrigation and planting date effects on soybean grown on clay soil. Agron. J. 78:576-580.

KROBER, O. A. y J. L. CARTTER. 1962. Quantitative interrelations of protein and nonprotein constituents of soybeans. Crop Sci. 2:171-172.

LEFFEL, R. C. 1961. Planting date and varietal effects on agronomic and seed composition characters in soybeans. Maryland Agr. Exp. Sta. Bull. A-117.

NEBREDA, I. M., P. C. PARODI y L. CAMPOS. 1982. Comportamiento de 25 cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill.) en la zona central de Chile. Cien. Inv. Agr. 9:75-87.

PAK, N. e I. BARJA. 1975. Valor nutritivo de cinco variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill.) cultivadas en Chile. Agr. Tec. 35:120-122.

PARODI, P. C. 1983. Cultivo de la soya, características técnicas y normas de manejo. El Campesino 114:16-23.

PARODI, P. C. e I. M. NEBREDA. 1982. Respuesta de tres cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill.) a tres variables de manejo. Cien. Inv. Agr. 9:3-14.

PFEIFFER, T. W. Y D. PILCHER. 1987. Effect of early and late flowering on agronomic traits of soybean at different planting dates. Crop Sci. 27:100-112.

VALDIVIA, V. A. 1979. Efecto de la época de siembra sobre el rendimiento y contenido de aceite y proteína del grano de soya (*Glycine max* (L.) Merrill.). Agr. Tec. 39:11-16.

WEAVER, D. B., R. L. AKRIDGE y C. A. THOMAS. 1991. Growth habit, planting date and row-spacing effects on late-planted soybean. Crop Sci. 31:805-810.

ZUÑIGA, D. O., I. M. NEBREDA y P. C. PARODI. 1981. Respuesta de siete cultivares de soya (*Glycine max* (L.) Merrill.) a la fecha de siembra. Cien. Inv. Agr. 8:53-63

EFECTIVIDAD DE APLICACIONES FOLIARES DE BORO Y CINC SOBRE LA CUAJA FRUTAL DE 2 CULTIVARES DE ALMENDRO[1]

EFECTIVENESS OF BORON AND ZINC FOLIAR SPRAYS ON FRUIT SETTING OF 2 ALMOND CULTIVARS

CARLOS SOTOMAYOR S. y HUGO SILVA E.
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306-22. Santiago de Chile

Summary

Fruit set is crucial in almond trees and it has been proven that micronutrients zinc (Zn) and especially boron (B), have a significant impact on it, as well as on fruitlet abscission. In several fruit trees it has been reported that even foliar spraying of one or both elements have improved productivity. As far as almond trees are concerned there is very little information in this respect; therefore 2 experiments were carried out with almond trees cv. Non Pareil and Carmel.

In the first experiment, Non Pareil trees were sprayed at full blossom with boric acid at 0,2%, Zn-50 at 0,3% and a combination of these, comparing with a non sprayed control. Fruit set of the latter was 23,4%, similar to the B treatment (27,7%) and Zn (22,2%). However, the B+Zn combination produced a significantly higher fruit set (38,1%).

In the second experiment almond trees cv. Non Pareil and Carmel were sprayed with boric acid at 0,15% and 0,30% both postharvest and during the blossom period, in order to determine the possible influence of the time of spraying and of 2 dosis on fruit set. In Non Pareil, B at 0,15% during blossom produced a 20,2% fruit set and B at 0,30% during post-harvest a 19,9%, similar to the control with 15,5% of fruit set. B at 0,30% during blossom had only 10,7% of fruit set, significantly lower than the first two. In Carmel the best result of fruit set was with B 0,15% during post-harvest (27,8), significantly higher than the control (20,9%). B 0,15% during blossom with 23,1% and B 0,30% post-harvest with 21,7% were similar to the previous ones. The least effective treatment was B 0,30% in blossom with 12,3% fruit set. None of the experiments showed any difference in the foliar concentration of B or Zn in the final seed weight as a result of treatments.

Key words: Almond, fruit set, boron, zinc, foliar sprays

Ciencia e Inv. Agr. 26:149-154

INTRODUCCION.

Para optimizar la producción del almendro, es condición indispensable y primaria que las flores cuajen y se desarrollen adecuadamente sus frutos, que son los que contienen las semillas o almendras. Para alcanzar este propósito deben ocurrir sin limitaciones todos los eventos, que van desde la formación de yemas florales, floración, polinización, fecundación, cuaja y desarrollo del fruto, hasta su madurez (Sotomayor, 1997).

La cuaja frutal del almendro se asocia a factores concurrentes en la floración, tanto ambientales no limitantes (temperatura, humedad relativa, ausencia de lluvias, trabajo eficiente de las abejas, reservas de N, C, B y Zn, entre otros) como inherentes a la especie frutal misma (combinación adecuada de cultivares polinizantes compatibles y coincidentes), considerando que la gran mayoría de los almendros son autoincompatibles (Grasselly y Crossa-Raynaud, 1984). Esta autoincompatibilidad es del tipo gametofítico, y aunque las flores del almendro son hermafroditas (poseen ambos sexos), el problema radica en que casi todas las variedades cultivadas no se pueden autofecundar con el polen propio, y requieren entonces del polen de flores de otros cultivares. Estos son mas o menos efectivos como polinizantes según ciertos genes (*alelos S*) que están presentes en el polen y en el tejido estilar de la flor (Griggs e Iwakiri, 1975; Sotomayor, 1996).

Las condiciones a que se ve enfrentada la planta después de la cuaja frutal determinan también la cosecha final. Como el almendro es una semilla comestible, interesa que el máximo de frutos cuajen y persistan hasta la cosecha para finalmente obtener sus semillas comestibles. Por lo tanto, tanto la cuaja como la posterior sobrevivencia de frutos en cada temporada son esenciales en la productividad de este frutal. Los niveles de cuaja considera-

1 Investigación financiada parcialmente por FONDECYT Proyecto 1940738.

dos adecuados en almendro, fluctúan entre 20 y 30% (Nyomora *et al.,* 1997). Sin embargo es posible encontrar niveles de cuaja desde un 5% hasta un 50%, según las condiciones agroclimáticas de una plantación (Micke y Kester, 1978; Hill *et al.,* 1985). En Chile oscila generalmente entre un 10 y un 20% (Sotomayor, 1997).

Estudios sobre las distribuciones de frecuencia de las concentraciones foliares de B y Zn en huertos de almendro de la zona central de Chile entre 1993 y 1998, indican que los contenidos considerados bajos tanto en B como en Zn alcanzan a 66% y a 29% respectivamente (Silva, 1998).

Por otra parte fertilizaciones foliares correctivas con 425 ppm de B aplicado en cosecha, en los cultivares Non Pareil, Carmel, Texas y Merced bajos en B en los tejidos florales, consiguieron aumentar entre 26 y 59 % la cuaja frutal respecto del testigo. Sólo con contenidos superiores a 80 ppm de B en los tejidos florales no se obtuvo respuesta a la fertilización foliar bórica (Lorenzoni, 1998; Silva 1998). En forma similar, Nyomora *et al.* (1999) han logrado aumentar la cuaja final y la productividad de almendros Butte con aspersiones de 2,1 kh·ha^{-1} de B en postcosecha y también en botón floral, en árboles con niveles foliares de 70-80 ppm de B.

En diversos frutales se ha podido determinar que bajos niveles de boro pueden restringir la cuaja frutal, reducir la retención y desarrollo de frutos y reducir las cosechas. En guindo ácido, Hanson (1991) logró aumentos de hasta 100% en la cuaja frutal mediante aplicaciones foliares de boro. Por otro lado, en ciruelos europeos cv. Italian y en perales cv. Anjou, Hanson *et al.* (1985) han reportado notables incrementos en la cuaja. En avellano auropeo cv. Barcelona, Shrestha *et al.* (1987) mostraron incrementos productivos entre 17 y 21% con aspersiones foliares de boro. La gran mayoría de los ensayos realizados al respecto han sido con árboles que no mostraban deficiencia de boro, por lo que se supone que existe un requerimiento específico y localizado de boro en el proceso reproductivo de muchos árboles frutales (Nyomora *et al.,*1997). En este sentido Silva y Rodríguez (1995) señalan que el boro puede presentar una concentración adecuada en las hojas u otros órganos, pero encontrarse deficiente en los tejidos meristemáticos o en los florales.
La acción del boro en los procesos de floración y fructificación parece ser indirecta y estar determinada por otros mecanismos en que participa este microelemento, tales como la absorción y transporte de iones y carbohidratos en la planta (Parr y Loughman, 1983). En este sentido Marschner (1986) ha sugerido que una escasez de boro alteraría el transporte de azúcares hacia la flor en desarrollo, reduciendo el dulzor del néctar y haciéndola menos atractiva en la polinización por abejas. También se postula que el boro influye en la síntesis de flavonoides, compuestos relacionados con la mantención de una alta viabilidad y capacidad germinativa del polen (Taylor *et al.,* 1994). Nyomora *et al.* (1997) señalan al respecto que deficiencias de boro determinan una menor viabilidad y germinación del polen y una reducción en la tasa de desarrollo del tubo polínico, en tanto Silva y Rodríguez (1995) consideran que los síntomas de deficiencia son normalmente un mayor aborto floral y una cuaja imperfecta, entre otros problemas. Por otra parte Lewis (1980) menciona que el boro juega un papel fisiológico en la inactivación de la callosa, elemento que suele obstaculizar la penetración del tubo polínico en el estilo floral de diferentes frutales, especialmente entre cultivares incompatibles.

Otro microelemento que se ha asociado con la productividad frutal es el cinc. Los síntomas clásicos de la deficiencia de cinc son hojas pequeñas y arrosetadas, acortamiento de internudos y en casos graves defoliación y muerte de ramillas (Silva y Rodríguez, 1995). En términos generales, la acción del cinc en las plantas consiste en activar diversos procesos enzimáticos como la fosforilación de la glucosa, permitiendo así la formación de almidón, peptidasas y la transformación de aminoácidos a proteínas (Silva y Rodríguez, 1995). Según Gil (1995) este microelemento está involucrado además en la formación de auxinas a través de la síntesis de triptofano, precursor de ellas. Por lo tanto, la deficiencia de Zn se revela mediante un descenso drástico en los niveles de auxinas en la planta y además éstas exhiben mayor actividad de indolacético-oxidasa, que degrada el ácido indolacético existente. Las auxinas desempeñan un papel fundamental en el crecimiento de hojas, brotes y frutos en las plantas.

Algunos autores señalan que existe también un efecto del Zn sobre la cuaja y peso de frutos. Callan *et al.* (1978) lograron aumentar el peso de frutos en ciruelos con aplicaciones

primaverales de cinc. Swietlik y Faust (1984) tuvieron resultados similares en ciruelos y perales con aplicaciones primaverales y de postcosecha. Swietlik (1999) destaca también efectos positivos de las aspersiones de cinc sobre la cuaja frutal y productividad de pomelos, pecanos y manzanos.

En vides de mesa Sultanina deficientes en Zn, Christensen (1980) comparó aspersiones foliares de cinc en distintas épocas, concluyendo que para lograr óptima cuaja y tamaño de bayas, debe asperjarse dos semanas antes de la floración y hasta plena floración (80% flores abiertas). En naranjos deficientes en cinc, Razeto *et al.* (1988) aumentaron el peso de frutos mediante aspersiones de sulfato de Zn realizadas en plena floración. En el caso de almendros, Castro (1982) señala que la deficiencia de cinc provoca retrasos en la floración y brotación e induce menor productividad y calibre de frutos, coincidiendo con Grasselly y Crossa-Raynaud (1984), quienes consideran que la carencia de Zn en almendros afecta sensiblemente la producción de frutos. Por otro lado Viveros (1996) considera que en almendros las deficiencias de cinc y de boro, causan crecimiento irregular de la planta y de sus frutos, excesiva caída de éstos y menores cosechas. Según Brown y Uriu (1996), el atraso en la floración de almendros debido a falta de Zn, suele determinar pobre polinización e importante reducción en la producción de frutos. Señalan también que las almendras producidas en árboles deficientes en Zn (con menos de 15 ppm en sus hojas) son mas pequeñas que lo normal.

En almendros Non Pareil, Carmel y Price, aspersiones foliares correctivas de 1 kg Zn/ha aumentaron los contenidos foliares desde 21-24 ppm de Zn a 144-158 ppm mediante una única aplicación realizada en primavera (comienzos de noviembre). Esta corrección fue independiente de la fuente de Zn utilizada, ya sea como carbonato de Zn o como óxido+sulfato de Zn (Barraza, 1997).

En Chile durante los últimos años, una proporción importante de productores de almendras realiza aspersiones con compuestos de boro y/o cinc, ya sea en post-cosecha o en el período de floración, para intentar mejorar su productividad (Margozzini, 1994; Castro y Margozzini, 1996). Sin embargo no existen aún conclusiones definitivas, siendo el objetivo de este trabajo aportar antecedentes adicionales al respecto.

MATERIALES Y METODOS

En un huerto de almendros de 10 años de los cvs. Non Pareil y Carmel sobre portainjerto duraznero y ubicado en la Comuna de Nogales (V Región) se efectuaron 2 experimentos sobre aplicaciones foliares de boro y/o cinc, durante las temporadas 1996/97 y 1997/98, para determinar la influencia de ambos microelementos en la cuaja frutal y productividad de los árboles. Los tratamientos consistieron en aspersiones con soluciones de sales de B y/o Zn sobre ramillas fructíferas.

En ambos experimentos se midió el número de flores por ramilla, el porcentaje final de cuaja, el peso seco de frutos y el peso de semillas a cosecha. También se realizó análisis foliar para B y Zn en las ramillas tratadas durante la temporada previa al experimento y con posterioridad a las aspersiones. A los resultados se realizó Análisis de Varianza y posteriormente separación de medias mediante el Test de Duncan al 5%. Los datos de porcentajes de cuaja se transformaron al arcoseno $\sqrt{x}$ previo al cálculo de la varianza.

Experimento 1:
Fué realizado durante la temporada 1996/97 en el cultivar Non Pareil, según un diseño experimental de bloques al azar con 10 repeticiones. Los bloques correspondieron a 10 árboles y las unidades experimentales fueron ramillas fructíferas elegidas al azar dentro de cada árbol. Estas recibieron 4 tratamientos en forma de aspersión durante la plena flor, en el mes de agosto de 1996 (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Tratamientos de fertilización foliar con boro y cinc aplicados en floración en almendros Non Pareil.
Boron and zinc foliar fertilization treatments applied at blossom time in Non Pareil almond trees.

Tratamientos	Dosis Fertilizante (g/Hl)
T_0 =Testigo	-
T_1 =Acido bórico+Oxido de Zn	200 + 300
T_2 =Acido bórico	200
T_3 =Oxido de Zn	300

Acido bórico: 17% de B; Oxido de Cinc (Zn-50): 50% de Zn

Experimento 2:
Fué realizado durante la temporada 1997/98 en almendros cvs. Non Pareil y Carmel, según un diseño experimental de bloques al azar con 10 repeticiones. Las unidades experimentales fueron ramillas fructíferas elegidas al azar dentro de cada árbol, que recibieron 5 trata-

mientos diferentes de aspersión en 2 momentos fenológicos diferentes (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Tratamientos de fertilización foliar con boro en distintas dosis y épocas en almendros Non Pareil y Carmel
Dosis and application time of Boron foliar fertilization treatments in Non Pareil and Carmel almond trees.

Tratamientos	Dosis(g/Hl)	Epocas de Aspersión
T_0 = Testigo	-	-
T_1 = Acido bórico	150	Post-cosecha (marzo 1997)
T_2 = Acido bórico	150	Plena floración (agosto 1997)
T_3 = Acido bórico	300	Post-cosecha (marzo 1997)
T_4 = Acido bórico	300	Plena floración (agosto 1997)

Acido bórico: 17% de B

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1:

En la cuaja frutal de Non Pareil, la aplicación de B y Zn tuvo un resultado favorable en relación al testigo, y todos los tratamientos con B fueron significativamente superiores a aquél. El tratamiento con Zn no fué diferente del testigo pero igualó al de B (Cuadro 3). Puede postularse que la aplicación combinada de B+Zn tuvo un efecto sinergístico muy favorable a una mayor cuaja frutal, especialmente considerando que las plantas presentaban leves deficiencias de ambos elementos.

Cuadro 3.- Efecto de la fertilización foliar de boro y cinc en la cuaja frutal (CF) de almendros Non Pareil (temporada 1996/97)
Effectiveness of boron and zinc foliar sprays on fruit setting of Non Pareil almond trees (1996/97 season)..

Tratamientos	CF (%)
T_0 = Testigo	22.3 c
T_1 = Acido bórico + Oxido de Zn	35.9 a
T_2 = Acido bórico	28.4 b
T_3 = Oxido de Zn	23.2 bc

Letras iguales no son significativamente diferentes según test de Duncan al 0.5%

Foliar fertilization treatments with boron and zinc

Los niveles foliares de boro y cinc se mantuvieron prácticamente iguales antes y después de los tratamientos, con niveles de B de 24 a 29 ppm y de Zn de 18-20 ppm. Vale decir que no se observó un efecto de los tratamientos sobre el nivel de boro y cinc en los análisis foliares realizados con posterioridad a las aspersiones.

Posiblemente el efecto de la fertilización foliar correctiva de B y de Zn ocurrió sólo a nivel localizado en la flor, resultando en una mayor cuaja frutal, lo que coincide con lo encontrado por Silva y Rodríguez (1995) y Nyomora *et al.*, en 1997 (Cuadro 3). La fertilización de B+Zn (T_1) fue estadísticamente superior al testigo, lo que sugiere que ante una deficiencia de ambos elementos es mejor su corrección simultánea. La corrección sólo con B (T_3) resultó también en una cuaja mayor que el testigo, pero su efecto es inferior al tratamiento combinado de B+Zn (T_1). La fertilización sólo con Zn (T_4) es estadísticamente igual al testigo, lo que sugiere que su efecto en la producción y cuaja sólo se ve al corregirlo junto al B. Por sus funciones en la germinación del polen, desarrollo del tubo y en la cuaja misma, resulta inprescindible corregir el boro en los casos de niveles bajos. En cambio el Zn cumpliría sólo una función complementaria al B en la cuaja frutal.

Experimento 2 :

Los tratamientos con boro aplicado en postcosecha al 0,15% y 0,30% y en floración al 0,15%, aumentaron significativamente la cuaja frutal con relación al testigo. La dosis alta de ácido bórico (T_4) aplicado en floración (0,30%) no afectó la cuaja, lo que podría hipotéticamente explicarse por una concentración excesiva sobre la flor.

El efecto del B asperjado en post-cosecha (T_1 y T_3) y la dosis baja (T_2) aplicada en floración, que resultaron con una mayor cuaja, posiblemente deban su acción a la corrección momentánea de un nivel bajo del microelemento en los tejidos florales, o a un efecto estimulante del crecimiento del tubo polínico a raíz de su efecto localizado, según lo expresado por Hanson *et al.* (1985), Shrestha *et al.* (1987) y Hanson (1991).

El efecto favorable de la fertilización foliar correctiva de B también se observa en el cultivar Carmel (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Efecto de la fertilización foliar de boro en la cuaja frutal (CF) de almendros Non Pareil y Carmel (temporada 1997/98)
Effectiveness of boron foliar sprays on fruit setting of Non Pareil and Carmel almonds trees (1997/98 season).

Tratamientos	Dosis (g/Hl)	Epocas de aspersión	CF Non Pareil (%)	CF Carmel (%)
T_0 = Testigo	---	---	13.9 b	12.3 c
T_1 = Acido bórico	150	Post-cosecha	18.8 a	27.8 a
T_2 = Acido bórico	150	Plena floración	20.5 a	23.1 ab
T_3 = Acido bórico	300	Post-cosecha	20.3 a	21.7 ab
T_4 = Acido bórico	300	Plena floración	11.5 b	20.9 b

letras iguales no son significativamente diferentes según test de Duncan al 5%

Los tratamientos realizados tanto en postcosecha como en floración, mejoraron la cuaja frutal en relación al testigo, aunque con diferente intensidad; esto coincide con lo

encontrado por Lorenzoni (1998) en Chile y por Nyomora *et al.* (1999) en California (EE.UU.). Así se corrobora que este elemento es esencial en el desarrollo de la fecundación floral del almendro cuando las concentraciones iniciales son bajas.

En relación con los niveles foliares de boro, al igual que lo reportado para el Experimento 1, no se encontró diferencia entre las concentraciones previas a los tratamientos y las posteriores a éstos, tanto para fecha de aplicación como para dosis. Tampoco hubo diferencia entre cultivares. Los rangos foliares de boro oscilaron entre 25 y 28 ppm. Se puede establecer que las aspersiones de boro, tanto en post-cosecha como en plena flor, no son capaces de contribuír a subir los niveles del árbol sostenidamente hasta la época del análisis foliar tradicional (realizado en el mes de enero) y su efecto sería sólo localizado a nivel de yemas o flores en el momento de la floración y la cuaja, lo que concuerda con lo expresado por Silva y Rodríguez (1995).

Peso de frutos y semillas.
Tanto en peso de frutos como en peso de semillas, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (incluído el testigo) en ninguno de los experimentos realizados. Por lo tanto, no existiría efecto de los diferentes tratamientos ni en el desarrollo del fruto ni en sus semillas. Su efecto se restringe a mejorar el porcentaje de cuaja en huertos de almendro con concentraciones foliares de B y Zn bajas.

CONCLUSIONES

Experimento 1: (Fertilización foliar de B y Zn en la floración). La fertilización foliar correctiva de B+Zn realizada en floración mejora el porcentaje de cuaja de un 22,3% (testigo) a un 35,9% (T_1).

La aspersión sólo con B (T_2) aumenta significativamente la cuaja floral de un 22% a un 28,4%, pero su efecto es intermedio entre el testigo y B+Zn.

La fertilización foliar de B y Zn en floración tiene un efecto corrector temporal y no permite mantener una concentración foliar sobre el testigo hasta el mes de enero, fecha cuando se realizan comúnmente los análisis foliares.

Experimento 2 : (Fertilización foliar de B en post-cosecha y en floración). La corrección foliar de B como ácido bórico realizada en post-cosecha con 0,15 y 0,30% (T_1 y T_3) incrementó significativamente la cuaja floral sobre el testigo desde 13,9% a 18,8 y 20,5% respectivamente. En este mismo sentido funciona la fertilización correctiva de B a una dosis baja (0,15% de ácido bórico) realizada en floración.

La dosis alta de B aplicada en floración no logró mejorar la cuaja en el cv. Non Pareil, debido probablemente al efecto de una concentración excesiva sobre el tejido floral.

RESUMEN

La proporción de cuaja frutal es determinante en la productividad del almendro, habiéndose podido comprobar que los micronutrientes cinc y especialmente boro tienen una acción significativa sobre aquélla y también sobre las caídas naturales de frutos. En diversos frutales se ha reportado incluso que aspersiones foliares de uno o de ambos elementos han conseguido mejorar la productividad. En almendro es escasa la información a este respecto, y por ello se realizaron 2 experimentos en almendros cv. Non Pareil. En el primero se asperjó almendros Non Pareil en plena floración con soluciones de ácido bórico al 0,2%, Zn-50 al 0,3% y con la combinación de los anteriores, comparando con un testigo sin aplicación. La cuaja frutal de este último fué de 23,4%, similar al tratamiento con boro (27,7%) y con Cinc (22,2%). Sin embargo la combinación Boro+Cinc logró una cuaja significativamente superior de 38,1%.

En el segundo experimento se asperjaron almendros Non Pareil y Carmel con ácido bórico al 0,15 y 0,30% tanto en postcosecha como en floración, para determinar la posible influencia de la época de aplicación y de 2 dosis en la cuaja frutal. En Non Pareil B al 0,15% en floración logró un 20,5% de cuaja, B al 0,30% en postcosecha un 20,3% y B al 0,15% en postcosecha un 18,8%, todos superiores al testigo, que alcanzó un 13,9% de cuaja. El B al 0,30% en floración logró cuajar solo un 11,5%, significativamente inferior a los 3 primeros pero igual al testigo. En Carmel, el mejor resultado de cuaja fué con B 0,15% en postcosecha con 27,8%, significativamente mejor al testigo (20,9%). Boro 0,15% en floración con 23,1% de cuaja y B 0,30% en postcosecha con 21,7% de cuaja fueron similares a los anteriores. El tratamiento menos efectivo fué B 0,30% en flora-

ción con 12,3% de cuaja, inferior a todos los demás.

En ninguno de los experimentos se observó diferencia en los contenidos foliares de B o Zn, como tampoco en el peso final de frutos y semillas por efecto de los tratamientos.

LITERATURA CITADA

BARRAZA, B. 1997. Efecto comparativo de la fertilización foliar de cinc con carbonato de Zn y óxido+sulfato de Zn, en los cultivaresde almendro Non Pareil, Carmel y Price en la IV región. Informe de Investigación de BASF. 34 p.

BROWN, P. y K. URIU. 1996. Nutrition deficiencies and toxicities: diagnosing and correcting imbalances (pp: 179-188). En: Almond Production Manual. Pub.3364, editado por University of California, Div.Agr.Nat.Res. (Oakland. CA).

CALLAN, N., M. THOMPSON, M. CHAPLIN, J. STEBBINS y M. WESTWOOD. 1978. Fruit set of Italian prune following fall foliar and spring boron sprays. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 103 (2):253-257.

CASTRO, J. 1982. El cultivo del almendro. Investigación y Progreso Agropecuario (13):3-6

CASTRO, J. y MARGOZZINI, S. 1996. Situación técnica y productiva del almendro en Chile. ACONEX 51:5-9

CHRISTENSEN, P. 1980.Timing of Zinc foliar sprays: I)effects of application intervals preceding and during bloom and fruit set stages; II) effects of day vs.night application". Am. J.Enol.Vitic. 31(1):53-59

GIL, F. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Ed.Mundi-Prensa (Madrid) 1.147 p.

GRASSELLY, C. y P. CROSSA-RAYNAUD. 1984. El Almendro. Ed.MundiPrensa (Madrid) 465 p.

GRIGGS, W. y B. IWAKIRI. 1975. Pollen tube growth in almond flowers. California Agriculture 25(7):4-7

HANSON, E., M. CHAPLIN y P. BREEN. 1985. Movement of foliar applied boron out of leaves and accumulation in flower buds and flower parts of Italian prune. HortScience 20:747-748

HANSON, E. 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. HortScience 26(3):271-273

HILL, S., D. STEPHENSON y B. TAYLOR. 1985. Almond pollination studies: pollen production and viability, flower emergence and cross-pollination tests. Aust.J.Exp.Agric. 25:697-704.

LEWIS, D. 1980. Are there interrelations between metabolic role of boron, synthesis of phenolic phytoalexin and the germination of pollen?. New Phytol. 84:261-270

LORENZONI, J. 1998. Prospección nutricional y aplicación foliar de boro en el almendro. Tesis de grado de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 75 p.

MARGOZZINI, S. 1994. Sistemas de producción del almendro en Chile. Tesis de Grado de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 155 p.

MARSCHNER, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press (London) 657 p.

MICKE, W. y KESTER, D. 1978. Bud development, pollination and fertilization (pp:52-56). En: Almond Orchard Management, editado por University of California, Div.Agr.Sci. (Oakland,CA)

NYOMORA, M., P. BROWN y M. FREEMAN. 1997. Fall foliar applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 405-410

NYOMORA, M. y H. BROWN (1999) Rate and time of boron application increase almond productivity and tissue boron concentration. HorstScience 34(2):242-245.

PARR, A. y B. LOUGHMAN. 1983. Boron and membrane function in plants (pp:86-103). En: Metals and Micronutrients: uptake and utilization by plants, editado por D.Robb y W.Pierpoint. Academic Press (London).

RAZETO, B., J. LONGUEIRA, S. ROJAS y G. REGINATO. 1988. Corrección de las deficiencias de Manganeso y Cinc en naranjo. Agricultura Técnica 48(4):347-352

SHRESTHA, G., M. THOMPSON y T. RIGHETTI. 1987. Foliar applied B increases fruit set in hazelnut. J.Amer.Soc.Hort.Sci.112:416-421.

SILVA, H. 1998. Fertilización y nutrición del almendro (pp:128-138). En: Situación Actual y Perspectivas Tecnológicas del Almendro. Editado por Jorge Castro. Colección de Extensión de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile (Santiago)

SILVA, H. y J. RODRÍGUEZ. 1995. Fertilización de plantas frutales" Ed.U.Católica, Colección en Agricultura (Santiago de Chile). 520 p.

SOTOMAYOR, C. 1996. Incremento de la cuaja frutal del almendro mediante el uso de algunos reguladores del crecimiento. Ciencia e Investigación Agraria 23 (1):11-18

SOTOMAYOR, C. 1997.Evaluación de diferentes modalidades de polinización en almendro. Ciencia e Investigación Agraria 24 (1):7-11

SWIETLIK. D y M. FAUST. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. Horticultural Reviews 6:287-338

SWIETLIK, D. 1999. Zinc nutrition in horticultural crops. Horticultural Reviews 23:109-178

TAYLOR, L., T. VOGT y P. TURCICH. 1994. Flavonols and functional pollen. En: Current Topics in Plant Physiology. Am. Soc. Plant Phys. Ser.12: 62-77

VIVEROS, M. 1996. Minor nutrients essential for almonds. American Fruit Grower 116 (2):39

RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROGENADA Y EFICIENCIA DE USO DEL NITROGENO EN AMARANTO

RESPONSE TO THE NITROGEN FERTILIZATION AND NITROGEN USE EFFICIENCY IN AMARANTH

HUMBERTO SERRI G.[1], MARISOL BERTI D.[1], IVAN VIDAL P.[2] y JAVIN HERRERA M.
Facultad de Agronomía
Universidad de Concepción
Avda. Vicente Méndez 595 Chillán Chile

Summary

The objectives of this research were to evaluate the response of *Amaranthus sp.* cv. Plainsman to nitrogen fertilization and to calculate fertilizer efficiency in Chillan. Trial was sown on October 29th of 1996. The experimental design was a randomized complete block with 4 replicates and 9 treatments. The rates of N varied from 0 to 400 kg·ha^{-1}. Evaluations were grain yield, nitrogen-use efficiency, seed protein content, component of yield, shattering, weight of 1000 seeds, nitrogen internal requirement, initial population and precocity. Seed yield without N application was 2778 kg·ha^{-1} and with 250 kg·ha^{-1} de N was 5276 kg·ha^{-1}. Seed protein content, fluctuated between 14,7 to 19,9%. Physiological and agronomic N-efficiencies for grain were calculated, reaching maximum values of 28,9 and 15,0 kg·kg^{-1} , respectively. The internal requirement was 1,5% and the harvest index was 0,25.

Key words: Nitrogen-use efficiency, nitrogen internal requirement, harvest index.

Ciencia e Inv. Agr. 26:155-162

INTRODUCCION

El cultivo del amaranto (*Amaranthus sp.*), se remonta a la época precolombina, siendo su semilla una de las principales fuentes de alimento para los pueblos americanos (Kiger, 1985). Se han encontrado vestigios de su cultivo en el norte de Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador, Guatemala, México y Estados Unidos, agregándose regiones en Asia, Europa e India (Sepúlveda, 1989; Cárdenas, 1991). En esa época existía una superficie considerable de esta especie, la cual fue disminuyendo debido a la difícil obtención de sus pequeños granos y por la llegada de los conquistadores que asociaron su cultivo a prácticas paganas (Cárdenas, 1991).

El amaranto se puede definir como un pseudocereal perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, género *Amaranthus*, el cual posee más de 70 especies la mayoría nativas de América (Kiger, 1985; Cárdenas, 1991).

En el presente, las variedades mejoradas de amaranto, tienen una excelente calidad nutricional y se están utilizando para la producción de grano (semilla, harina y grano), para la producción de hojas (sopas y verduras) y para forraje, utilizando la planta entera (Sepúlveda, 1989; Riveros, 1988).

En la actualidad existe un renovado interés por la producción e industrialización de esta especie debido a su proteína, la cual posee un excelente balance aminoacídico, destacando su contenido de lisina (5%) (Lees, 1983; Kiger, 1985; Cristi y Cárdenas, 1986; Cárdenas, 1991; Bresanni, 1993). La semilla posee un alto valor nutritivo y está compuesta por: 12-16% de proteína; 10,5% de humedad; 7,7% de grasa; 4,2% de fibra cruda; 68,6% de carbohidratos; 1,5% de vitaminas y 3,5% de cenizas, con mayores cantidades de P, Mg, K, Ca y Fe (Del Valle, 1992; Bressani, 1993).

Fisiológicamente es una planta C_4 que tiene la característica de utilizar en forma eficiente el CO_2 del aire y convertirlo en azúcares. Además, posee estomas que permanecen gran parte del día cerrados, lo que permitiría una menor transpiración. Por otro lado, el amaranto posee un alto requerimiento de luz y temperatura y utiliza en forma eficiente el agua. Todos estos atributos le confieren a esta especie cierta resistencia a la sequía (Sepúlveda, 1989; Mujica, 1992). El amaranto responde bien en zonas cálidas. La temperatura para su germinación fluctúa entre 10 y 24°C y sus requerimientos térmicos son similares a los del maíz. El requerimiento hídrico promedio para esta especie alcanza 2673 m^3·ha^{-1}, medido en un estudio realizado en Dakota del Norte, Estados Unidos. El

1 Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Depto. Producción Vegetal. Casilla 537, Chillán.
2 Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Depto. de Suelos. Casilla 537, Chillán.

amaranto extrae agua hasta 1,5 m de profundidad en condiciones de stress hídrico y la máxima profundidad radical se alcanza entre comienzo y plena floración (Henderson, 1993). Además, puede ser afectado por heladas en todos los estados de desarrollo (Cárdenas, 1991).

La siembra del amaranto es directa en surcos a chorro continuo, a una profundidad de 1-2 cm y se ralea una vez que las plantas alcanzan una altura de 10-15 cm. (Mujica, 1992). La dosis de semilla varía de 1-4 kg·ha^{-1} y luego de ralear es necesario dejar una población de 160.000 - 250.000 plantas/ha (Cárdenas, 1991; Henderson 1993), con un espaciamiento entre hileras de 70-90 cm y sobre hilera 5-10 cm (Cárdenas, 1991; Elbehri *et al.*, 1993; Henderson 1993).

La siembra en nuestro país debería realizarse a fines de octubre y principios de noviembre, debido a las condiciones climáticas y su cosecha se efectúa 5 a 6 meses después.

Los requerimientos nutricionales del amaranto parecen ser altos, por lo que debería realizarse una adecuada fertilización nitrogenada, potásica y fosforada. La fertilización nitrogenada, es la más importante debido a su influencia en los rendimientos. Ensayos realizados por Clark *et al.* (1994), demostraron un aumento en los rendimientos de grano de 500 a 1350 kg·ha^{-1} al aplicar dosis de nitrógeno entre 0 y 112 kg·ha^{-1} de N, respectivamente. Otros autores también han informado incrementos en los rendimientos de 1094 a 1428 kg·ha^{-1} al aumentar la dosis de nitrógeno de 0 a 180 kg N·ha^{-1}. Este incremento se vió reflejado en el número de semillas por planta, peso de 1000 semillas, proteína cruda, porcentaje de tendedura e índice de cosecha (Elbehri *et al.*, 1993).

Elbehri *et al.* (1993) encontraron en ensayos realizados en Estados Unidos, que el grano de amaranto es relativamente ineficiente en el uso del nitrógeno debido a su bajo índice de cosecha (9-15%), lo que sugiere una selección para aumentar el índice de cosecha, lo que sería efectivo para mejorar la producción de grano y la eficiencia de uso del nitrógeno por el grano de amaranto. De acuerdo a lo anterior, los objetivos de este estudio son:

-Medir la respuesta a la fertilización nitrogenada en *Amaranthus sp*, variedad Plainsman en la provincia de Ñuble.
-Determinar la eficiencia del fertilizante agregado.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la estación experimental el Nogal, de la Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción Campus Chillán, ubicada a 36°,26' de latitud Sur y 72°,06' de longitud Oeste a una altura de 144 m.s.n.m., en un suelo de la serie Diguillín (Typic Fulvudant). Este suelo presentaba antes del ensayo pH 6,3; N 5,8 ppm; P 30,5 ppm y 6,3% de materia orgánica.

El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar, con 9 tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400 kg N·ha^{-1} respectivamente, como salitre sódico en forma parcializada: 50% después del raleo (30 de noviembre) y el resto tres semanas más tarde. La fertilización fosforada se aplicó al surco de siembra en dosis de 100 kg de P_2O_5·ha^{-1} en forma de superfosfato triple. La unidad experimental correspondió a una parcela de 5 m de largo por 1,6 m de ancho, con 4 hileras separadas unas de otras por 0,4 m.

La siembra se llevó a cabo el 29 de octubre de 1996 sobre un suelo mullido, en el cual se abrieron surcos de 1 a 2 cm de profundidad. La semilla se depositó a chorro continuo en el surco en forma manual. La dosis de siembra fue de 7,5 kg·ha^{-1}.

El raleo se realizó en forma manual cuando las plantas tuvieron 3 a 4 hojas verdaderas, uniformando la población a 250.000 plantas/ha, lo que se logró con una distancia de 10 cm sobre hilera.

Se aplicó fósforo como fertilización de mantención en dosis de 100 kg·ha^{-1} a la forma de P_2O_5. En cuanto a la fertilización nitrogenada a cada unidad experimental le correspondieron dosis de 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400 kg·ha^{-1} de N, respectivamente. Estas fueron aplicadas a la forma de salitre sódico en forma parcializada, 50% después de haber realizado el raleo (30 de noviembre) y la otra mitad tres semanas más tarde.

El control de malezas se realizó en forma manual según el desarrollo presentado por las malezas. En total se realizaron tres labores de control.

Se efectuaron cuatro riegos, el 4 de diciembre por aspersión, dado el pequeño tamaño de las plantas, y el 18 de diciembre, 2 de enero y 13 de enero por platabandas.

La cosecha se llevó a cabo el 10 de marzo de 1997 cuando las plantas presentaron madurez fisiológica (cambio de color de la panoja de rojo a café rojizo).

EVALUACIONES

En todas las evaluaciones se consideraron las dos hileras centrales de cada parcela para evitar el efecto de borde.

Rendimiento de semilla: se cortaron las panojas de los 4 m de la hilera central y se secaron a temperatura ambiente por una semana. Luego se procedió a separar la semilla de la panoja para lo cual se utilizó una trilladora estacionaria experimental.

Proteína: el contenido de N total para amaranto se obtuvo de muestras secas de semillas y biomasa, mediante el método de digestión y desarrollo de colorimetría de Nessler (Longeri *et al.*, 1979) y el porcentaje obtenido al multiplicarlo por 6,25 (Bressani, 1991) dio como resultado el porcentaje de proteína de las semillas y de la biomasa, respectivamente.

Eficiencia de uso del nitrógeno (EUN): para obtener esta eficiencia se cosechó un metro de la hilera central derecha cortando las plantas desde su base. Inmediatamente después se pesaron en fresco, se separó la biomasa de las semillas y se pesaron por separado, luego se secaron para materia seca. Posteriormente las semillas se molieron y se les analizó para obtener el contenido de nitrógeno presente en ellas, lo mismo se hizo con la biomasa. La eficiencia de uso refleja la eficiencia del cultivo para obtener desde el suelo nitrógeno proveniente supuestamente del fertilizante.

$$EUA = \frac{\text{N absorbido TF - N absorbido TT}}{\text{N fertilizante aplicado}} \times 100\%$$

TF= tratamiento fertilizado y TT= tratamiento testigo.

Eficiencia fisiológica de uso del nitrógeno (EFN): indica la relación entre el aumento de grano producido por la fertilización y el aumento del nutriente absorbido, supuestamente derivado del fertilizante aplicado.

$$EFN = \frac{\text{(Rdto. grano TF -Rdto. grano TT)}}{\text{(N absorbido TF -N absorbido TT)}} \quad (kg \cdot kg^{-1})$$

Eficiencia agronómica de uso del nitrógeno (EAN): indica la cantidad de nitrógeno necesario para producir un kg de semilla.

$$EAN = \frac{\text{(Rdto. grano TF -Rdto. grano TT)}}{\text{N fertilizante aplicado}} \quad (kg \cdot kg^{-1})$$

Indice de cosecha:

$$IC = \frac{\text{Peso granos}}{\text{Peso fitomasa total}} \times 100 \quad (\%)$$

Requerimientos Internos de nitrógeno (RIN): es la concentración crítica mínima de N en la biomasa total en la oportunidad de la cosecha de plantas con una nutrición óptima.

Inicio de panoja: cuando el 50% de las plantas presentaron un crecimiento de 1 cm en el ápice del primordio floral.

Floración: cuando un 50% de las panojas presenten la primera antesis.

Tendedura: plantas que se presentaban completamente tendidas, en la hilera central izquierda.

Altura: altura de plantas a cosecha, se promediaron 6 plantas por parcela, midiendo desde el suelo al ápice de la inflorescencia.

Desgrane: se contabilizó el número de semillas en el suelo en un área de 100 cm^2 en la entre hilera de las hileras centrales.

Peso de 1000 semillas
Peso del hectólitro

Análisis Estadístico: todos los parámetros evaluados fueron analizados estadísticamente con el programa S.A.S. (SAS Institute Inc, 1989) con el cual se llevó a cabo el análisis de varianza. Para detectar diferencias entre tratamientos se utilizó el método de diferencias mínimas significativas (L.S.D.). Además, se realizó análisis de regresión (Excel 7.0)

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento: el análisis de varianza mostró un significativo efecto de la dosis de nitrógeno ($P \leq 0,05$) sobre la producción de grano (Figura 1). Se puede observar que la distribución de los puntos mostró una tendencia cuadrática, con un coeficiente de determinación, $R^2 = 0,84$ demostrando una marcada influencia del nitrógeno en la producción de grano de

amaranto. Además, esta figura muestra los altos rendimientos obtenidos sin aplicaciones de nitrógeno (2778 kg·ha^{-1}) en comparación con datos obtenidos de literatura extranjera y nacional, ello puede ser atribuido a las adecuadas condiciones de clima y suelo de esta zona (Elbehri *et al.*, 1993; Sepúlveda, 1989). Los máximos rendimientos (5,3 t·ha^{-1}) se alcanzaron con dosis de entre 250-300 kg·ha^{-1} de N que son altos si se compara con los rendimientos obtenidos en Estados Unidos por Elbehri (1993), los cuales alcanzaron a 1,4 t·ha^{-1}.

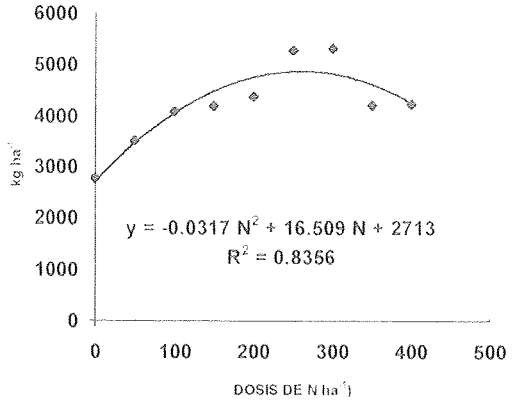

Figura 1.- Rendimiento de grano de amaranto con diferentes dosis de nitrógeno aplicado.
Amaranth seed yield with different nitrogen rates applied.

Proteína: el porcentaje de proteína mostró diferencia significativas entre tratamientos (P≤0,05) aumentando a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno de 14,7% con 0 kg·ha^{-1} a 19,9% con 300 kg·ha^{-1} (Figura 2). De acuerdo a la ecuación ajustada con los resultados del experimento se obtuvo un aumento de proteína de 0,9% por cada 100 kg·ha^{-1} de N.

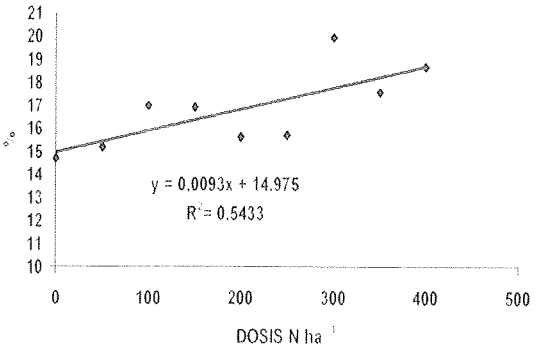

Figura 2.- Influencia de la dosis de nitrógeno sobre el porcentaje de proteína en el grano de amaranto.
Nitrogen influence on amaranth seed protein contents.

Una relación similar pero en menor grado fue obtenida por Elbehri *et al.* (1993) encontrando que la proteína aumentaba desde un 16,0% hasta un 16,8% al aumentar las dosis de 0 a 180 kg·ha^{-1}. Por otro lado, Cárdenas (1991) presentó resultados promedios de 13,85% de proteína al aplicar dosis de aproximadamente 67 kg·ha^{-1}. En general, los valores obtenidos en este ensayo se consideran altos, lo que podría atribuirse en parte a la variedad de amaranto utilizado.

Eficiencia de Uso del Nitrógeno: esta eficiencia refleja la cantidad de nitrógeno que fue absorbido por la planta desde el fertilizante. Es claro que la fertilización nitrogenada no sólo aumentó fuertemente los rendimientos. También elevó el contenido de nitrógeno de los diferentes tejidos de la planta. En general, en este ensayo se encontró que el amaranto es eficiente en la extracción del fertilizante. Dicha eficiencia entre un 45,5% con dosis de 350 kg·ha^{-1} de N y un 80% al aplicar 100 kg·ha^{-1}, como se aprecia en el Cuadro 1.

Cuadro 1.- Porcentaje de plantas muertas y tendidas, población final, eficiencia de uso, fisiológica y agronómica.
Percentage of dead and lodged plants, find plant population and use, phisiological and agronomic efficiency.

U N ha^{-1}	% Plantas Muertas	% Tendedura	Pobl. Final (Plantas·ha^{-1})	Eficiencia de Uso	Eficiencia Fisiológica	Eficiencia Agronómica
0	7,80	4,08 d	244300	0	0	0
50	2,92	4,10 d	241400	51,84	28,98 a	15,02 a
100	3,18	4,62 cd	252900	81,39	16,39 b	13,34 ab
150	3,46	3,03 d	242500	57,61	17,34 ab	9,99 ab
200	2,14	5,86 cd	228700	51,49	16,72 b	8,61 bc
250	1,62	8,70 cd	226200	69,97	14,98 bc	10,47 b
300	3,19	13,29 bc	229900	80,45	10,96 bc	8,81 bc
350	4,67	23,71 a	250000	45,58	10,54 c	4,80 c
400	1,98	19,29 ab	242600	46,17	9,45 c	4,36 c

Letras distintas dentro de cada columna muestran diferencias significativas (P≤0,05).

Esto coincide con resultados presentados por Elbehri *et al.* (1993), quien mostró que al aplicar 50 kg·ha^{-1} el amaranto tuvo una eficiencia de uso del nitrógeno de 76,9% y un mínimo de 45% al aplicar 180 kg·ha^{-1}.

Fernández encontró en maíz, planta fisiológicamente similar al amaranto, valores de eficiencia de uso cercanos al 40% y la Universidad Católica en 1984 publicó resultados de alrededor de un 60% (Fernández 1995). De acuerdo a esto el amaranto

es considerado una planta relativamente eficiente en la extracción del nitrógeno. Sin embargo, este factor no presentó diferencias significativas entre tratamientos (P>0,05). Por otro lado, en el Cuadro 1 se aprecia que no hay una tendencia clara de los valores de eficiencia, ya que ésta es muy dependiente de las condiciones ambientales en que se desarrolle el cultivo, donde es posible que ocurran pérdidas de nitrógeno debido a lixiviación o desnitrificación, como también factores que estimulen un mayor o menor crecimiento radicular lo que afectaría la extracción de nitrógeno por parte de la planta. Llama la atención los altos valores obtenidos en algunos tratamientos, lo que no es usual, ya que se esperaría que estos valores no superaran el 65%.

Eficiencia Fisiológica de Uso del Nitrógeno: este factor mostró claras diferencias significativas entre tratamientos (P≤0,05) y una tendencia a disminuir a medida que aumenta la dosis de nitrógeno aplicada, encontrando un máximo de 28,9 kg de grano por kg de nitrógeno absorbido al aplicar dosis de 50 kg·ha^{-1} lo que indica que por cada kg de nitrógeno supuestamente derivado del fertilizante se produjo 28,9 kg de grano. La disminución de la eficiencia que se muestra en la Figura 3 con las dosis mayores, se debe a que al aumentar la dosis de fertilizante la planta produjo más grano como respuesta a las mayores dosis, pero no lo hizo proporcionalmente a la absorción del nutriente. La planta sigue absorbiendo nitrógeno pero este aumento no es traducido totalmente en aumento de la producción sino que el nitrógeno se continúa almacenando en los tejidos de la planta. Esto se conoce como consumo de lujo. En cambio, la mayor eficiencia es con dosis bajas ya que una mayor parte del nitrógeno absorbido es destinado por la planta a la producción de semilla,debido a que esta trata de perpetuarse en el tiempo por lo cual utiliza en mejor forma los recursos cuando estos son limitados.

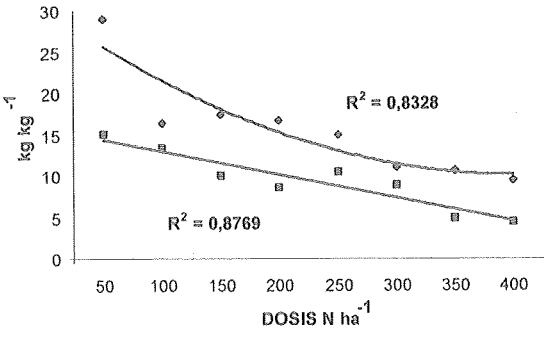

Figura 3.- Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la Eficiencia Fisiológica (◆) y Eficiencia Agronómica (■) del amaranto.
Nitrogen effect on physiological (◆) and agronomic (■) efficiency in amaranth.

Si comparamos la eficiencia fisiológica del amaranto con la del maíz (C_4) esta última es mayor. Fernández (1995) en un ensayo de maíz realizado en La Platina reportó eficiencias de 50 a 80 kg·kg^{-1} y Rouanet (1994) para trigo en Carillanca determinó eficiencias que fluctuaron entre 54,27 y 27,10 kg·kg^{-1}, para dosis de 80 y 320 kg·ha^{-1} respectivamente, lo que también fue superior a lo obtenido en amaranto. Sin embargo, la eficiencia del amaranto en las condiciones de cultivo del presente ensayo es mayor que la encontrada por Elbehri *et al.* (1993), ya que al utilizar sus datos para calcular dicha eficiencia, se encontró que no superó los 5 kg de grano por kg de nitrógeno absorbido, lo que probablemente se deba a que la limitante productiva no fuera el nitrógeno sino falta de agua o temperatura.

Elbehri *et al.* (1993) encontraron que al aumentar la dosis de nitrógeno de 0 a 180 kg·ha^{-1} solo lograban un aumento de 1094 a 1428 kg·ha^{-1}, en cambio en este ensayo al aumentar la dosis de 0 a 250 kg·ha^{-1} de N se logra un aumento de 2778 a 5276 kg·ha^{-1}. Por último, es necesario señalar que bajo las condiciones de este ensayo el modelo aplicado arrojó un coeficiente de correlación que es capaz de explicar el 83 % de la variación de esta eficiencia con respecto a la aplicación de nitrógeno (Figura 1).

Eficiencia Agronómica de Uso del Nitrógeno: con respecto a este parámetro se puede afirmar que hubo claras diferencias entre tratamientos (P≤0,05) y que disminuyó al aumentar la dosis de nitrógeno como se muestra en la Figura 3. En esta figura se aprecia un máximo de 15,02 kg de grano por kg de N aplicado en las parcelas con dosis de 50 kg·ha^{-1} y un mínimo de 4,36 kg·kg^{-1} con 400 kg·ha^{-1} aplicado. Estos resultados fueron menores que los presentados por Fernández para maíz en 1995, los cuales presentaron la misma tendencia a la disminución pero fluctuaron entre 14 kg·kg^{-1} para dosis de 500 kg·ha^{-1} y 28 kg·kg^{-1} para 125 kg·ha^{-1}. Lo mismo ocurre al compararlos con datos obtenidos por Rouanet (1994) en su ensayo de trigo, ya que sus resultados variaron entre 25,37 y 8,53 kg·kg^{-1} para dosis de 80 y 320 kg·ha^{-1} respectivamente. Sin embargo, si se analizan los datos proporcionados por Elbehri *et al.*(1993) se observan eficiencias agronómicas que no superan los 3,5 kg·kg^{-1} para dosis de 45 kg·ha^{-1} mostrando claramente las mejores condiciones de cultivo presentes en Chillán.

Indice de Cosecha: en general este índice sirve para relacionar la materia seca total con el rendimiento de grano y en este ensayo no se encontraron diferencias entre tratamientos (P>0,05) como se aprecia en el Cuadro 2, lo

que indica que la fertilización nitrogenada tuvo similares efectos sobre la producción de forraje y rendimiento de grano. El máximo valor promedio de los tratamientos fue de 26,5% con la dosis de 200 kg·ha^{-1}, lo que es claramente mayor a lo encontrado por Elbehri *et al.* (1993), con un máximo de 13,8% a dosis de 180 kg·ha^{-1}.

Esto indicaría en cierta medida que bajo las condiciones del presente ensayo las plantas son más eficientes en la producción de grano, lo cual está relacionado con las adecuadas condiciones climáticas que presenta esta zona para el desarrollo de este cultivo. También, estas diferencias se pueden atribuir a características propias del genotipo utilizado en cada ensayo.

Cuadro 2.- Rendimiento de grano, porcentaje de desgrane, contenido de nitrógeno total en la planta, índice de cosecha, peso del hectólitro, pocentaje de proteína, peso de 1000 semillas y altura.
Seed yield, shattering, total plant N, harvest index, test weight, protein content, 1000 seed weight and plant weight.

U N ha^{-1}	Rendimiento kg·ha^{-1}	% de Desgrane	% Total de Nitrógeno	Indice Cosecha	Peso Hectólitro	% de Proteína	Peso 1000 Granos	Altura
0	2778,5 c	0,95 d	1,26 d	0,237	81,87	14,7 d	0,767	1,03 d
50	3505,0 bc	1,45 cd	1,27 cd	0,260	82,29	15,2 cd	0,761	1,17 c
100	4083,6 b	1,38 cd	1,39 bcd	0,255	82,82	17,0 bcd	0,748	1,19 c
150	4191,2 b	2,72 bc	1,46 bc	0,263	82,86	16,9 bcd	0,779	1,28 bc
200	4372,7 b	3,53 b	1,50 b	0,265	82,40	15,6 cd	0,799	1,33 ab
250	5276,4 a	2,85 bc	1,52 b	0,252	82,20	15,7 cd	0,738	1,35 ab
300	5315,6 a	2,51 bc	1,85 a	0,248	82,10	19,9 a	0,786	1,38 ab
350	4211,1 b	6,79 a	1,94 a	0,265	82,99	17,6 ab	0,721	1,44 a
400	4234,6 b	7,49 a	1,93 a	0,245	82,53	18,7 ab	0,766	1,33 ab

Letras distintas dentro de cada columna muestran diferencias significativas (P≤0,05).

Requerimiento Interno de Nitrógeno: este factor mostró un valor de alrededor de 1,5 % de nitrógeno, lo que implica una demanda alta de nitrógeno por parte de este cultivo para alcanzar el potencial productivo, lo que es mayor a lo informado para trigo 1,2% y los de maíz que solo alcanzan a un 1,0% (Rodríguez, 1993).

Inicio de Panoja y Floración: el análisis de varianza para estas variables no detectó diferencias entre tratamientos (P>0,05) los que fluctuaron entre 48 y 51 días para inicio de panoja y 58 y 62 días para inicio de floración, lo que indicaría que el nitrógeno no posee influencia sobre estos estados.

Tendedura: el análisis de varianza arrojó diferencias entre tratamientos (P≤0,05) y como se esperaba hubo un aumento lineal de la tendedura al aumentar la dosis de nitrógeno, alcanzando un máximo de 23,7% en las parcelas a las cuales se les adicionó una dosis de 350 kg ha^{-1} y sólo un 4,1% en las parcelas sin nitrógeno. Esto se ha observado en otros cultivos. Venegas (1982) no encontró tendedura en trigo sin aplicación de nitrógeno; sin embargo, esta aumentaba hasta un 100% al aplicar 300 kg ha^{-1}. Algo similar ocurrió en triticale, pero este presentó menor tendedura en comparación con el trigo. Este aumento de la tendedura al incrementar la dosis de nitrógeno, está relacionado directamente con el aumento de la altura de las plantas y el peso de la panoja lo que deja a las plantas más expuestas al viento y por ende a la tendedura.

Altura: el análisis de varianza para este parámetro arrojó diferencias entre tratamientos (P≤0,05) mostrando que a medida que aumenta la dosis de nitrógeno aumenta en forma lineal la altura de las plantas, alcanzando 1,42 m en promedio para la dosis de 350 kg·ha^{-1} y solo 1,03 m en las que no se les aplicó nitrógeno. Este mayor crecimiento se debe a que el nitrógeno influye directamente en la formación de tejidos, formación de área foliar y actividad fotosintética, lo que se relaciona positivamente con la altura de las plantas. Resultados similares fueron entregados por Venegas (1982) para trigo y triticale encontrándose que al aumentar las dosis de nitrógeno de 0 a 225 kg·ha^{-1} se lograba un incremento de 19,3 cm en promedio para trigo y 27,8 cm para triticale.

Desgrane: este factor presentó claras diferencias entre tratamiento (P≤0,05) mostrando un aumento a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno. El tratamiento al cual no se le aplicó fertilizante nitrogenado obtuvo un promedio de 0,95% de desgrane, comparado con los 7,49% del tratamiento con la mayor dosis de nitrógeno. Esta tendencia pudo haber estado relacionada con el aumento de altura de las plantas y el mayor rendimiento de grano de las mismas, lo que provocó por acción del viento y el exceso de peso sobre las panojas una mayor caída de grano.

Peso de 1000 Semillas: en el Cuadro 2 se observa que este parámetro tuvo un mínimo de 0,72 g con dosis de 350 kg·ha^{-1} y un máximo de 0,79 g con 200 kg·ha^{-1}, lo que no arrojó diferencias entre

tratamientos (P>0,05) lo que puede estar relacionado con la plasticidad que presenta el amaranto, la cual le permite no alterar en forma significativa el peso de sus semillas, con las distintas dosis de nitrógeno. Sin embargo, el peso de mil semillas obtenido es mayor al logrado por Elbehri *et al.* (1993) el cual varía entre 0,57 y 0,68 g. Esta diferencia se debería a las distintas condiciones de cultivo en ambos ensayos.

Peso del Hectólitro: este parámetro no presentó diferencias entre tratamientos (P>0,05) pero se aprecia que el mínimo valor es de 81,9 $kg \cdot hL^{-1}$ con 0 $kg \cdot ha^{-1}$, lo que estuvo por sobre el promedio encontrado por Cárdenas (1991) que fue de 77,8 kg hL^{-1}. Esto permitiría concluir que el nitrógeno no afecta significativamente la densidad de la semilla de amaranto.

CONCLUSIONES

La dosis de nitrógeno óptima para el amaranto en las condiciones de este ensayo fue 260 $kg \cdot ha^{-1}$.

El porcentaje de proteína del amaranto aumenta significativamente con la aplicación de nitrógeno. La eficiencia agronómica y fisiológica de uso de nitrógeno presentaron un comportamiento paralelo, disminuyendo al aumentar las dosis de N aplicado.

El requerimiento interno de nitrógeno alcanzó un valor de 1,5% y el indice de cosecha del cultivo fue de 0,25. Estos valores son útiles en el cálculo de dosis de fertilización para distintos rendimientos esperados de amaranto.

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron medir la respuesta de *Amaranthus sp.* cv. Plainsman a la fertilización nitrogenada y calcular la eficiencia del fertilizante en la zona de Chillán. La siembra se llevó a cabo1 el 29 de octubre de 1996. El ensayo se realizó en bloques completos al azar con 4 repeticiones y 9 tratamientos. La dosis de N varió desde 0 a 400 $kg \cdot ha^{-1}$. En esta investigación se evaluó rendimiento en grano, eficiencia de uso del nitrógeno, contenido de proteína en la semilla, componentes de rendimiento, requerimiento interno de nitrógeno, población inicial y precocidad. En el tratamiento sin N, el rendimiento fue de 2778,5 $kg \cdot ha^{-1}$, mientras que agregando 250 $kg \cdot ha^{-1}$ de N alcanzó a 5276,4 $kg \cdot ha^{-1}$. En relación al contenido de proteína del grano éste varió de 14,7 a 19,9%. La eficiencia fisiológica y agronómica del N fueron calculadas para la producción de grano, alcanzando máximos de 28,9 y 15,0 $kg \cdot kg^{-1}$, respectivamente. El requerimiento interno fue de 1,5 y el índice de cosecha fue 0,25.

LITERATURA CITADA

BERTI, M., H.SERRI, R. WILCKENS y FIGUEROA, 1995. Adaptación del amaranto al valle central de la VIII Región. Simiente. 65 Enero-Noviembre. 95p.

BRESSANI, R., 1993. El amaranto una planta que ofrece grandes posibilidades de utilización agroindustrial. Alimentos. 18 (1): 61-62.

CALDERON, E., R. BRESSANI y J. GONZALEZ. 1991. Características agronómicas , fisicas, químicas y nutricias de quince variedades de amaranto. Turrialba 41(4): 458-464.

CARDENAS, L., 1991. Características y efectos de la densidad en el cultivo del amaranto. Tesis. Ing. Agrónomo Universidad de Chile.

CLARK K. M. y R. L. MYERS 1994. Inter cropper formanceo pearl millet, amaranth, owpea, soybean and guarin response to planting pattern and nitrogen fertilization. Agronomy Journal. 86: 1097-1102.

CRISTI, A. y L. CARDENAS, 1986. El Amaranto: un cultivo con futuro. Chile Agrícola: Vol.: 120-122

DEL VALLE, F. R., 1992. Nitrogen balance in infants fed containing amaranth or a soya-oats fórmula. Cereal-Chemistry 69:156-159

ELBEHRI, A., D. H. PUTMAN y M. SCHMITT 1993. Nitrogen Fertilizer and effects on yield and nitrogen-use efficiency of grain amaranth. Agronomy Journal. 85(1): 120-128.

FERNANDEZ G. 1995. Fertilización nitrogenada y su eficacia en maíz de grano. Simiente 65 (1-3).

HENDERSON, T. L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.

KIGER, F., 1985. El Amaranto un cultivo de amplias expectativas agro industriales. Próxima Década. 41:21-24.

LEES, P., 1983. Amaranto: ¿El súper cultivo del futuro?. Agricultura de las Américas Vol. 16-32.

LONGERI, L., J. ETCHEVERS y J. VENEGAS. 1979. Metodología de perfusión para estudios de nitrificación en suelos. Ciencia e Investigación Agraria Chile 6(64): 295-299.

MUJICA, A., 1992. Prueba Regional de cultivares de amaranto. FAO/RLAC , Santiago, Chile.

RIVEROS, V. 1988. Estudios de la calidad de *Amaranthus* cruentus para su utilización en la alimentación animal. Avances en Producción Animal 13: 49-55.

RODRIGUEZ, J., 1993. La fertilización de los cultivos. Un método racional. Editorial Univ. Católica de Chile, Chile. 291 p.

ROUANET, J.L. 1994. Eficiencia fisiológica del uso de nitrógeno por cultivos anuales en futura agricultura sustentable. Agricultura Técnica 54(2): 169-179.

SAS INTITUTE INC., SAS / STATR Users Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 1, Cary, NC: SAS Intitute Inc., 1989. 943 pp.

SEPULVEDA, H., 1989. Quinoa y Amaranto: dos pseudocereales con gran perspectiva. El Campesino 120 (10) :9-10.

VENEGAS, C. 1982. Comportamiento de especies y variedades de cereales bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Simiente 52 (1-2).

MADUREZ Y CALIDAD DE FRUTOS DE KIWI cv. HAYWARD EN BASE A COSECHA DIFERIDA.

FRUIT QUALITY AND MATURITY OF HAYWARD KIWIFRUITS RELATED TO SEQUENTIAL HARVESTING.

CARLOS SOTOMAYOR S., JORGE CASTRO S. y JAIME BUSQUET.
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile
P.O.Box 306-22. Santiago

Summary

In order to maximize kiwifruit quality at consumption time it is essential to know about fruit behavior on the plant itself, as well as to analyze different methods to determine fruit ripeness. A trial was carried out in the area of Nogales (5th Region of Chile) in order to study different factors related to fruit quality based on sequential picking. Kiwifruit behavior was monitored throughout the harvesting season (March-June), measuring fruit recently picked and fruit kept 20 days cold storage plus 10 days at room temperature. A clear response in soluble solids and flesh firmness was observed, yet pH values showed imperceptible changes throughout the season. Starch iodine test were unable to give a real value of fruit starch contents. This test also considered a sensorial assesment of the fruit by a tasting panel, which demonstrated that late harvesting can improve flavor, sweetness, texture and juiciness.

Key Words: kiwifruit, sequential harvesting, kiwifruit quality, kiwifruit maturity, sensorial assessment.

Ciencia e Inv. Agr. 26:163-167

INTRODUCCION

El crecimiento del fruto de kiwi puede observarse desde muy temprano en su período de desarrollo, alcanzando cerca de dos tercios del volumen y peso final a las diez semanas después de antesis (Prat y Reid, 1974). La curva de crecimiento del fruto de kiwi, en base al peso fresco, se observa como una triple sigmoídea (Scienza *et al.*, 1983).

Durante el proceso de maduración del fruto de kiwi en la planta, se producen cambios en su concentración nutricional. Al comienzo ocurre un rápido aumento de los aminoácidos, los que luego disminuyen. Al mismo tiempo se reduce la concentración de todos los ácidos del fruto, incluyendo el ascórbico (vitamina C); los carbohidratos totales también disminuyen, pese a que aumentan los sólidos solubles (Xie *et al.*, 1991).

Algunos cambios que ocurren en el fruto durante su maduración, como las variaciones en su forma y color, no son fácilmente perceptibles, aunque sí lo sea el cambio de coloración de sus semillas (Hopping,1976; Prat y Reid, 1974). Esto ha llevado a buscar índices apropiados, siendo hoy en día los mas usados el contenido de sólidos solubles y la firmeza de la pulpa (Prat Y Reid, 1974; Sozzi *et al.*, 1980; Ben Arie y Gross, 1981, Ullrich, 1981; Kulczewski, 1983).

A medida que la fruta crece en la planta, la firmeza de la pulpa disminuye (Beever y Hopkirk, 1990) y el porcentaje total de azúcar aumenta mientras la planta tenga hojas fotosintéticamente activas. Luego que éstas caen, el porcentaje de azúcar decrece lentamente producto de su uso en la respiración (Reid *et al.*, 1982). En todo caso, el porcentaje de azúcar total del fruto, disminuye hasta la décima semana después de la antesis y luego aumenta en forma sigmoídea. El aumento de almidón expresado en porcentaje de su peso, ocurre hasta la semana diecisiete después de antesis, y desde ahí comienza a disminuir (Beever y Hopkirk, 1990).

En la planta de kiwi, a lo largo del año, existe un gran cambio en la concentración de almidón en el crecimiento anual, frutos y en sus estructuras permanentes. Las mayores concentraciones de almidón en brotes y hojas se alcanzan en los períodos de cuaja frutal y de cosecha. Por otro lado, las partes estructurales pierden cada temporada casi un 30% de su almidón de reserva (especialmente las raíces) el que se recupera desde mediados de temporada y hasta caída de hojas. Los frutos a mitad de temporada pueden tener un 10% del total de almidón de la planta, aunque antes de la cosecha puedan llegar a 60% (Smith *et al.*, 1992).

El kiwi es un fruto climactérico, es decir experi-

menta un alza en la respiración y en la producción de etileno una vez cosechado. La tasa respiratoria en frutos maduros decrece lentamente a medida que el fruto sufre ablandamiento, puro al alcanzar éste su mayor expresión, la tasa respiratoria aumenta nuevamente por un corto tiempo, decreciendo luego y pudiendo volver a subir durante la senescencia del fruto (Pratt y Reid, 1974). Este proceso de maduración va acompañado de cambios físico-químicos como el ablandamiento de la pulpa y la variación en las concentraciones de almidón y azúcares (Ullrich, 1981)). En estos complejos cambios intervienen diversas enzimas, destacando la sucrosa fosfato sintetasa que aumenta su concentración después de la cosecha, la que se relaciona con la actividad de acumulación de carbohidratos. El alza respiratoria sería desencadenada por el aumento en los sustratos respirables producto de la degradación de almidón, pero también por el aumento en la demanda de ATP durante los mismos procesos de degradación (McRae *et al.*, 1992).

Una vez cosechado, el kiwi sufre un rápido y progresivo ablandamiento en las primeras semanas de almacenaje en frío (Beever *et al.*, 1990). Esta menor firmeza de la pulpa va acompañada de cambios en la pared celular, como disminución de protopectinas no solubles y aumento de pectinas solubles en agua. (Robertson y Swinburne, 1981)

Estudios relacionados con la calidad del kiwi en post cosecha han mostrado que fruta cosechada mas tarde en la temporada (y por lo tanto con más sólidos solubles), se conserva mas tiempo y con menor ablandamiento. Zoffoli *et al.* (1999) señalan que con un alto contenido de sólidos solubles el kiwi puede duplicar su vida en almacenaje. El estado de madurez con que se coseche un kiwi determina entonces su período potencial de almacenamiento y su calidad final de consumo. Según Mitchell *et al.* (1992) un kiwi cosechado con bajo nivel de sólidos solubles no llega a desarrollar nunca un buen potencial de sabor.

A diferencia de otras frutas como manzanas, la determinación de almidón en kiwi mediante la tinción con yodo no es fácil de distinguir, lo que la hace una práctica poco confiable como índice de madurez. Actualmente existen métodos de laboratorio mas precisos para analizar almidón, como el polarimétrico y la hidrólisis ácida y enzimática (Domange, 1998). Por otro lado se postula que en kiwi existiría una correlación entre el contenido de azúcar del fruto y los sólidos solubles del mismo. Es así como se suele medir los sólidos solubles totales mediante el uso de un refractómetro para determinar el momento de cosecha, la que suele realizarse con lecturas de 6.2°Brix (Beever y Hopkirk, 1990).

La mayoría de los factores que inciden en la calidad de una fruta pueden ser medidos en forma cuantitativa, pero existen factores que pueden ser evaluados mediante métodos sensoriales. Estos factores de calidad están dados por un conjunto de atributos que hacen un kiwi atractivo y deseable. (Araya y Lizana, 1979). Los factores de calidad para esta fruta son básicamente la apariencia (atributos visibles por parte del consumidor), la textura (dureza, ablandamiento, granulosidad, aspereza, etc.), la jugosidad, el sabor (evaluados principalmente por el gusto y el olfato) y dulzor (azúcares como fructosa, glucosa y sacarosa provenientes del desdoblamiento del almidón durante el desarrollo de la maduración). La percepción de dulzor se asocia a fruta blanda y con alta concentración de ésteres volátiles. En cambio la acidez se asocia con otros ésteres y con fruta firme (McMath *et al.*, 1992).

El presente experimento tuvo como objetivo estudiar la evolución de algunos índices de cosecha y parámetros de calidad de kiwis cosechados en forma diferida de las mismas plantas, en relación con sus características al momento de la madurez de consumo. La calidad de la fruta se evaluó mediante métodos de degustación. Finalmente se evaluó la utilidad práctica de diferentes índices de cosecha para determinar madurez y calidad de kiwis.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la temporada 1993/94 en un huerto de kiwis cv.Hayward de 7 años, localizado en la comuna de Nogales (5° Región). El diseño experimental fue completamente al azar con 6 repeticiones (consistentes en 6 plantas de kiwi con aproximadamente 600 frutos cada una). Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza y test de Duncan. A partir del 15 de Marzo se midió sólidos solubles semanalmente y cuando los frutos alcanzaron los 6,2° Brix (mínimo requerido para la exportación), se muestreó cada 10 días, hasta el mes de Junio. En cada muestreo se tomaron 30 fru-

tos por planta (o repetición), que se dividieron en 3 sub-muestras de 10 frutos cada una, destinados a seguir los siguientes procedimientos:

a) frutos destinados inmediatamente después de la cosecha a mediciones de largo (mm), peso (g), volumen (cm^3), sólidos solubles (°Brix), firmeza de la pulpa (kgf), pH de jugo y contenido de almidón (test de yodo).

b) frutos embalados en bolsas de polietileno y mantenidos por 20 días a 0°C en cajas de cartón (simulando condiciones de transporte en la exportación) y luego expuestos a temperatura ambiente por 10 días, para que alcanzaran su madurez de consumo. Para esta fruta se realizaron las mismas determinaciones del procedimiento anterior.

c) frutos embalados y conservados en frío por 20 días a 0°C al igual que el procedimiento anterior. Después de mantenerlos por 10 días a temperatura ambiente, se les realizó un análisis sensorial mediante un panel de degustación de 6 personas consumidoras habituales de kiwi. Los degustadores evaluaron seis sub-muestras compuestas de 10 frutos cada uno. El promedio del conjunto de cada sub-muestra fue calificado según una tabla de 1 a 7 puntos (de menor a mayor) y analizado estadísticamente. Se evaluó sabor, dulzor, textura y jugosidad, en las siguientes cuatro fechas: 29 de Marzo, 18 de Abril, 8 de Mayo y 28 de Mayo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de pH medidos a la cosecha y al momento de consumo fueron similares, con valores entre 3,5 y 4,0. Se advirtió un leve aumento en los valores de pH desde la primera a la última fecha de cosecha debido a una leve disminución de la concentración de los ácidos (Beever y Hopkirk, 1990).

En el presente ensayo el almidón en los frutos, medido mediante tinción con yodo, mostró curvas de tendencia muy errática. El método de yodo no resultó confiable, debido a lo débil de su tinción y a las variaciones que se presentan según el tiempo de contacto de la fruta con dicha solución. Aunque en frutos como manzanas el método del yodo es efectivo, para las condiciones de este ensayo en kiwi, no entregó resultados positivos.

Los sólidos solubles del kiwi medidos al momento de cosecha entre el 29 de marzo y el 18 de mayo, mostraron una marcada y continua variación (Fig.1). También se observó una variación de los sólidos solubles en los frutos al medirlos al momento de consumo, en que se apreciaron diferencias significativas en las primeras fechas de muestreo, lo que coincide con lo señalado por Mitchell *et al.*, en 1992.

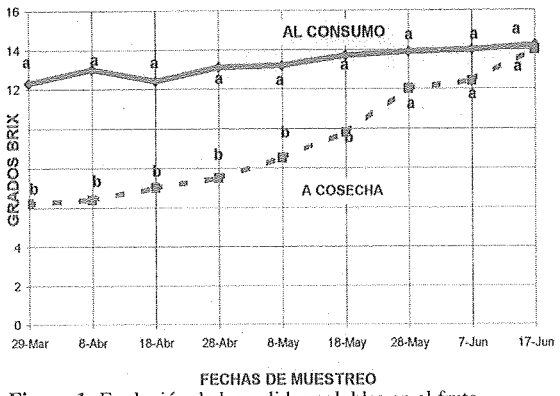

Figura 1.-Evolución de los solidos solubles en el fruto. *Solubre solids evolutions in fruits.*

Los valores para un mismo parámetro acompañados de la misma letra no difieren significativamente según Test de Duncan al 5%

El aumento de los sólidos solubles es característico de la etapa final en el desarrollo de los frutos (Beever y Hopkirk,1990; Pratt y Ried, 1974). Esto lo haría un buen índice de cosecha, pero cuando estos valores se comparan con los obtenidos al momento del consumo, en que realmente se establece la calidad organoléptica, aquello no parece tan claro. Esto se explica porque la cantidad de azúcares que logre un fruto a su madurez de consumo, estará más determinada por la hidrólisis del almidón que contenga que por el aporte de azúcares entregado por la planta. Los sólidos solubles iniciales no lograrían entonces determinar adecuadamente el potencial de calidad que alcanzará el kiwi, sugiriéndose entonces medir ya sea sólidos totales a cosecha o sólidos solubles finales con maduración forzada por etileno, como indicadores de madurez. Esto último ha sido reportado recientemente por Zoffoli *et al.* (1999).

La firmeza de pulpa durante el período de madurez en la planta (medida a cosecha) sufrió una progresiva y clara disminución (Fig.2).

Esta curva de ablandamiento del fruto es coincidente con diversos autores como Ulrich *et al.* (1984), Muñoz y Larroulet (1988) y Beever y Hopkirk (1990).

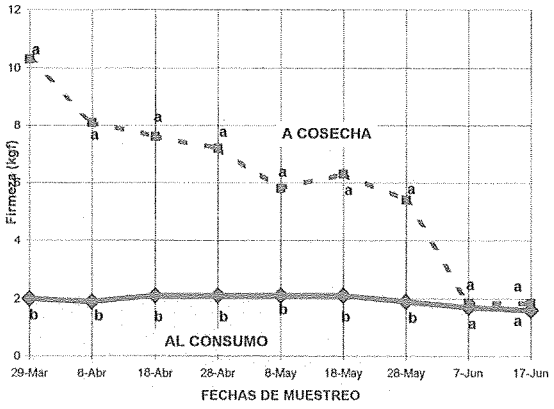

Figura 2.-Evolución de la firmeza en los frutos.
Flesh firmness evolution in the fruits.
Los valores para un mismo parámetro acompañados de la misma letra no difieren significativamente según Test de Duncan al 5%

En cuanto a las condiciones organolépticas evaluadas en el presente ensayo por un panel de degustación (Cuadro 1), se pudo determinar que tanto el sabor como el dulzor alcanzaron 3,9 y 4,1 puntos respectivamente en la fruta cosechada en la primera fecha (29 de Marzo), logrando un significativo incremento en las fechas intermedias posteriores (18 de Abril y 8 de Mayo) hasta llegar en la fecha final a 5,2 y 5,1 puntos respectivamente (28 de Mayo), junto con alcanzar un mayor contenido de sólidos solubles. Esto coincide claramente con lo señalado por Wiley *et al.* (1999).

Cuadro 1.-Resultados del Panel de Degustación con frutos de kiwi cosechados en diferentes fechas y luego de 20 días a 0°C y 10 días a temperatura ambiente (en escala progresiva de 1 a 7).
Tasting panel results with kiwifruits picked at different dates and kept for 20 days at 0°C plus 10 days at room temperature (in progressive scale from 1 to 7).

Parametros	29 Marzo	18 Abril	8 Mayo	28 Mayo
Sabor	3,9 b	5,2 a	5,1 a	5,2 a
Dulzor	4,1 b	5,1 a	5,0 a	5,1 a
Textura	4,7 b	5,1 ab	5,0 ab	5,7 a
Jugosidad	4,3 b	5,5 a	5,3 a	5,8 a

Los valores para un mismo parámetro acompañados de la misma letra no difieren significativamente según Test de Duncan al 5%

En relación con textura (equivalente a ablandamiento del fruto) la evolución del puntaje obtenido fué gradual, comenzando con 4,7 para la primera fecha, 5,1 para la segunda, 5,0 para la tercera y 5,7 para la fecha final. Entre la primera y la última existe una diferencia significativa, aunque ambas son iguales a las intermedias. Cabe señalar que este parámetro está íntimamente asociado a la firmeza de pulpa medida instrumentalmente.

La jugosidad de los kiwis evaluados alcanzó 4.3 puntos a la primera fecha, produciéndose posteriormente un incremento significativo según las fechas correspondientes, logrando 5,5, 5,3 y 5,8 puntos respectivamente.

Se advierte en forma evidente que para lograr las mejores sabor, dulzor y jugosidad de los kiwis, la fecha óptima de cosecha fué a partir del 18 de Abril. En cuanto a textura se presentó una evolución mas progresiva en relación con la fecha de cosecha.

CONCLUSIONES

La mayor permanencia de los frutos en la planta aumentó proporcionalmente el contenido de sólidos solubles y los aspectos sensoriales de sabor, dulzor, textura y jugosidad.

Los sólidos solubles de los frutos a la cosecha no reflejaron el valor alcanzado al consumo. Solo a partir del 18 de Mayo se igualan ambas lecturas.

La firmeza de los frutos se igualó, entre cosecha y consumo, desde el 7 de Junio en adelante para las condiciones de este ensayo.

El fruto de kiwi podría ser cosechado en un período relativamente largo durante la temporada, excediendo los tradicionales 6,2°Brix a cosecha, para alcanzar un nivel mayor de sólidos solubles y mejor condición organoléptica al consumo.

RESUMEN

Para maximizar la calidad de frutos de kiwi al momento del consumo, es esencial conocer el comportamiento del fruto en la planta, y también analizar diferentes métodos para determinar su madurez. Se realizó un ensayo con el objetivo de evaluar los diferentes factores relacionados con calidad de fruto en base a cosecha diferida, en un huerto de kiwis ubicado en la Comuna de Nogales (5° Región). El comportamiento de los frutos fué evaluado a lo largo de la temporada de cosecha (marzo a junio) midiendo frutos recién cosechados y frutos conservados por 20 días en almacenaje frío más 10 días a temperatura ambiente. Se determinó una clara respuesta en cuanto a evolución de sólidos solubles y firmeza de pulpa. Los otros índices fueron poco prácticos; los valores de pH variaron imperceptiblemente a lo largo de la temporada y el test de yodo fué incapaz de entregar un valor real de contenido de almidón.

El ensayo consideró una evaluación sensorial de frutos a través de un panel de degustación, que demostró que cosechando más tardíamente se logra mejorar sabor, dulzor, textura y jugosidad.

LITERATURA CITADA

ARAYA, E. y A. LIZANA. 1979. Tópicos en evaluación sensorial de alimentos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Santiago de Chile. 106 p.

BEEVER, D. y G. HOPKIRK. 1990 Fruit development and fruit physiology. p:97-126 en: Warrington, H. and Weston, D. Kiwifruit science and management. N. Zealand Soc.Hort.Sci. Auckland. 720 p,

BEN-ARIE, R. y J. GROSS. 1981 Changes in ripening parameters and pigments of chinese gooseberry during ripening and storage. The Volcani Center Pub. 228 p.

DOMANGE, A. 1998 Determinación cuantitativa de almidón en frutos de kiwi. Residencia de Agronomía. Facultad de Agronomía e Ing.Forestal (Santiago). PUC. 54 p.

HOPPING, M. 1976 Structure and development of fruit and seeds in chinese gooseberry. New Zealand Journal of Botany 14:63-68

KULCZEWSKI, M.1983. Aspectos de la biología de la floración, evolución de propiedades físicas y químicas del fruto de kiwi en 2 localidades de la zona centro-sur de Chile. Tesis Agronomía. Universidad Católica de Valparaíso (Valparaíso) 109 p.

MACMATH, K., V. PATERSON, H. YOUNG y R. BALL. 1992. Factors affecting the sensory perception of sweetness and acidity in kiwifruit. In: Second International Symposium of Kiwifruit (Auckland, N. Z.) . Acta Horticulturae 297 Vol.II: 489-500

MACRAE, E., W. QUICK, C. BENKER y M.STITT. 1992. Carbohydrate metabolism during post-harvest ripening in kiwifruit. Planta 188(3):314-323

MITCHELL, F., G.MAYER y W. BIASI. 1992. Effect of harvest maturity on storage performance of Hayward kiwifruit. Acta Horticulturae 297: 617-625

MUÑOZ, M. y M. LARROULET. 1988. Evolución de los índices de madurez de kiwis y comportamiento de postcosecha de frutos cosechados en tres estados de madurez. Tesis Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile (Santiago). 36 p.

PRATT, H. y M. REID. 1974 Chinese gooseberry seasonal patterns in fruit growing and maturation, ripening, respiration and the role of ethylene. J.S.Fd.Agric. 24:743-757

REID, M., D. HEATHERBELL, D. y H. PRATT. 1982. Seasonal patterns in chemical composition of the fruit of Actinidia chinensis. J.Am.Soc.Hort.Sci. 107(2):316-319

ROBERTSON, G. y D. SWINBURNE. 1981. Changes in chlorophyll and pectin after storage and canning of kiwifruit. Journal of Food Science 46:1557-1562

SCIENZA, A. 1983. Relazione tra lo sviluppo, la maturazione del fruto e la presenza di ormoni endogeni in Actinidia deliciosa. II Incontro Frutticola SOI sulla Actinidia, Udine (Italy)

SMITH, G., C. CLARK, C. y H. BOLDINGH. 1992. Seasonal accumulation of starch by components of the kiwifruit vine. Annals of Botany 70(1):19-25

SOZZI, A., J. TESTONI, A. YOUSSET, A. DALUISO y .NARDIN. 1980. Conservazione dell Actinidia in atmosfera controllata. Inst.Esp.Valoriz.Tecnol. Prodotti Agricole. Vol.XI

ULRICH, G. 1981. Determination of kiwifruit harvest maturity in relation to stage performance, quality and growing area. M.Sc.Thesis in Horticulture. U.of California (Davis)

ULRICH, G., F. MITCHELL, M. ARPAIA, M. y G. MAYER. 1984. The effects of growing location and harvest maturity on the storage performance and qualiyy of Hayward kiwifruit. J.Am.Soc.Hort.Sci. 109(4):584-587

WILEY, P., CRISOSTO, C. y MITCHELL, G. 1999. Adapting perforated box liners to the California kiwifruit industry. Acta Horticulturae 498:299-306

XIE, M., X. CHEN, X, GAO, G. JIANG y A. ZHAO. 1991. Changes in the contents of the major nutrients components of the fruit of Actinidia chinensis during ripening. Acta Horticulturae Sinica 18(2):173-176 (Zhejiang, China)

ZOFFOLI, J. P., GIL, G. y CRISOSTO, C. 1999. Determination of harvest period of Chilean kiwifruit in relation to fruit quality and temperature during maturation. Acta Horticulturae 498:247-254.

LOS MODELOS DE SIMULACION COMO HERRAMIENTA DE ANALISIS Y EVALUACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION SUSTENTABLES.[1]

SIMULATION MODEL AS A TOOL OF ANALYSIS AND EVALUATION OF SUSTAINABLE PRODUCTION SYSTEMS.

CLAUDIO AGUILAR G., RODRIGO ALLENDE V. y FERNANDO GARCIA G..
Departamento de Zootecnia
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile.

Summary

Sustainability concept was studied trought its relation with natural resources, ecosystem and productive systems. Sustainability state variables suggested for analize production systems also was studied and the way that simulation mathematical model can be use them. Study shows the partial inclusion of sustainability global concept in the simulation models. Nevertheless, shows that system simulation is a good tool to evaluate management alternatives of production systems and the relation with the sustainability.

Key words: sustainability, system simulation, production systems, ecosystem.

Ciencia e Inv. Agr. 26:169-180

INTRODUCCION

El concepto de sustentabilidad y su principal paradigma, el desarrollo sustentable, se ha incorporado en los últimos años, fundamentalmente a partir de la publicación del informe "Nuestro futuro común" de la Comisión Brundtland, en todos los movimientos sociales y por ende en el discurso de los principales actores del área política, técnica y científica de la sociedad (García,1993).

La carencia de una disciplina o de un sistema de conocimientos globalmente conocidos y aceptados, que permita a la sociedad valorizar económicamente el mantenimiento de la calidad de los recursos naturales ha sido uno de los factores que más ha influido en el desarrollo de sistemas que degradan o destruyen los recursos naturales o el medio ambiente, que se engloban en el concepto de sistemas no sustentables.

Sin embargo, en los últimos años se han producido también avances importantes en la evaluación económica de ecosistemas y su inclusión en la formulación de políticas. Asimismo, han aparecido nuevos enfoques en economía de recursos naturales y tendencias hacia la incorporación de los nuevos desarrollos teóricos en sistemas de monitoreo y evaluación de la sustentabilidad que incorporen aspectos económicos adicionales a los convencionales (Viglizzo *et al.*, 1992).

Del mismo modo, a nivel de predio, existe una creciente discusión e investigación en la búsqueda de sistemas de producción agrícolas sustentables, que sean capaces de mantener a través del tiempo niveles aceptables de productividad biológica y económica, preservando el ambiente y los recursos naturales. Algunos trabajos de investigación han incorporado elementos de sustentabilidad a nivel de predio, utilizando modelos de simulación donde es posible monitorear el comportamiento de algunos indicadores a través del tiempo (Barrera y Aguilar, 1996; Aguilar y Barrera, 1997; Brito *et al.*, 1998a).

La sustentabilidad y el desarrollo sustentable abren una infinidad de interrogantes en aspectos sociales, económicos, biológicos y físicos de tal modo que el análisis de los sistemas en estudio, así como la evaluación de las aplicaciones, adquiere una complejidad tal que hace necesario integrar elementos y conocimiento de diferentes áreas como ecología, economía, agronomía, sociología e ingeniería.

Problemas Asociados a la Sostenibilidad.

El deterioro ambiental constituye en la actualidad uno de los temas de mayor discusión en círculos académicos, intelectuales y políticos. La razón es simple, el crecimiento demográfico junto con el desarrollo y expansión de las capacidades técnicas para producir han puesto de manifiesto que los recursos naturales y los servicios medio ambientales no son ilimitados y que su agotamiento o escasez presentan una seria amenaza al bienestar presente y futuro de la humanidad (Boyazoglu, 1998).

1 Estudio realizado en el marco del proyecto FONDEF D97 - I2008.

Algunos autores han señalado que durante mucho tiempo han estado alejados economía y desarrollo por un lado, ecología y medio ambiente por otro. La desaparición, en los últimos años, de esta distancia ha dado lugar a nuevos desarrollos teóricos acerca de las relaciones entre desarrollo económico y recursos naturales (Viglizzo *et al.*, 1992).

El concepto tradicional de crecimiento económico ha sido señalado como uno de los principales factores que causan deterioro ambiental (Ruttan, 1997), destacando varios hechos que pueden apoyar dicha premisa, como son:

a) Un aumento de la producción tiene asociado mayores requerimientos de insumos energéticos y materiales, con el consecuente incremento de los desechos sólidos, líquidos y gaseosos que pueden provocar contaminación ambiental.
b) Los requerimientos de recursos renovables y no renovables aumentan, lo que implica un incremento del riesgo de sobreexplotación de los recursos renovables y de agotamiento de los recursos no renovables.
c) Asociado al crecimiento económico, la migración rural hacia las urbes con la consiguiente expansión de las grandes ciudades, tiende a agravar los problemas ambientales en los centros urbanos.

Por otra parte, se ha señalado que la duplicación de la población mundial, en los últimos cuarenta años, junto con la vigencia de los actuales modelos de desarrollo ha conducido a una sobreexplotación de los recursos naturales. La perspectiva se agrava si se considera que las estimaciones existentes señalan que en los próximos cuarenta años se necesita duplicar la producción actual de alimentos para satisfacer la demanda de la población mundial. Así, la problemática se centra en la construcción de un modelo de desarrollo que asegure la equidad intra e intergeneracional, la conservación de la base ecológica del desarrollo y, como consecuencia, la persistencia de la humanidad (Vosti y Reardon, 1997).

El Desarrollo Sustentable

La palabra sustentar viene del latín sustenere, que significa sostener o mantener en alto. En el contexto de los recursos naturales y del medio ambiente, sustentar significaría mantener o prolongar el uso productivo de los recursos y la integridad de la base de los recursos. Ello implica, entre otras cosas, que existen restricciones físicas y de otra índole al uso productivo de los recursos (Munasinghe y Shearer, 1995).

Algunos ambientalistas y científicos sostienen que la vía correcta hacia la sustentabilidad se basa en conservar las reservas físicas. Sin embargo, desde una perspectiva socioeconómica y como consecuencia del crecimiento de la población, tanto la conservación como la reducción de las reservas físicas conduce a una disponibilidad per cápita en disminución a través del tiempo. La única diferencia entre las dos opciones señaladas está en la pendiente de la caída (Dixon y Fallon, 1989). De tal modo que para mantener la disponibilidad per cápita constante o en crecimiento habría que considerar un aumento proporcional en la producción del sistema considerando las reservas físicas junto con la eficiencia con que se usan los recursos. En este último aspecto, el cambio tecnológico y las políticas que lo fomenten, juegan un papel muy importante.

La Comisión Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987) definió el desarrollo sustentable como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad que tendrán las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. El informe realizado por esta comisión señala, además, que el concepto de desarrollo sustentable implica limitaciones impuestas por el estado actual de la tecnología y la organización social sobre los recursos del medio ambiente y por la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de la actividad humana. Se ha definido también desarrollo sustentable como aquel que distribuya más equitativamente los beneficios del progreso económico, proteja el medio ambiente nacional y mundial en beneficio de las generaciones futuras y mejore genuinamente la calidad de vida (Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, 1990).

Sustentabilidad y Recursos Naturales.

Los recursos naturales se clasifican generalmente en renovables y no renovables. Los no renovables comprenden los minerales y los combustibles fósiles. Se acepta que suelo, agua y la biota, base de la producción agropecuaria, sean los recursos naturales renovables (Surís y Varela,1995). Los problemas ambientales están casi siempre asociados al uso y disponibilidad de los recursos naturales reno-

vables, usualmente en peligro de agotamiento debido a su sobreexplotación (Dasgupta y Maler, 1991).

En el contexto señalado se ignora generalmente las tasas de renovación de suelos, que son muy lentas con relación a su eventual tasa de destrucción, y la imposibilidad de regenerar la biodiversidad. Por lo mismo es conveniente destacar que recursos como biomasa y agua pueden mantener su reserva en el planeta, pero sufrir profundas alteraciones en los balances en el ámbito de región o de agroecosistema, con efectos negativos en la sustentabilidad de la producción agropecuaria (Viglizzo *et al.*, 1992). Por ello, cuando se limita el concepto de sustentabilidad al contexto de los recursos biológicamente renovables, considerados por separado, es aceptable decir que la sustentabilidad significa la utilización de no más del crecimiento anual de los recursos, con lo cual se evita reducir la reserva física (Thompson y Nardone, 1999).

Las poblaciones de animales, aves, plantas y peces son también ejemplos típicos de recursos naturales renovables. Hay una gran variedad de estudios que examinan el comportamiento reproductivo de diferentes especies bajo una amplia variedad de condiciones ambientales. La tierra es también un producto de este tipo, ya que la calidad de los suelos de cultivo y de las praderas puede ser preservada con una utilización cuidadosa. A su vez, la sobreutilización del suelo puede empobrecerlo y eventualmente transformarlo en totalmente improductivo.

Las napas de agua subterránea suelen tener esta misma característica. En este caso se requiere un análisis más complejo, ya que preocupa tanto su calidad como cantidad. Bajo circunstancias normales una fuente de agua experimenta un proceso de autopurificación a medida que los contaminantes se depositan en ella. Muchas fuentes de agua se recargan en el ciclo anual. Pero, si la tasa de extracción excede la tasa de recarga en el ciclo, el nivel freático de las fuentes descienden, con lo que suben los costos de extracción. Las fuentes acuíferas tienen además otra característica, a veces el problema respecto de ellas no es solamente el de la carga de contaminantes que soportan. Así por ejemplo, en el caso de fuentes acuíferas situadas cerca de la costa, si como consecuencia de una extracción excesiva de agua se permite que el nivel freático de la fuente baje demasiado, puede darse una intrusión de agua salina que ocasiona la destrucción de la napa.

Desde el prisma de economía ambiental se presentan complicaciones adicionales, entre las que se encuentra el impacto sobre la tasa de regeneración de los recursos ambientales de una amplia variedad de decisiones de inversión. El conflicto ocurre debido a que, el impacto no es completamente reversible y, en algunos casos, es en alto grado irreversible.

En teoría, la meta de manejo del cultivo sustentable, se puede alcanzar si se comprende bien la biología del recurso en cuestión (Dixon y Fallon, 1989). Finalmente, no hay que olvidar, que los problemas del ambiente asumen la forma de imágenes diferentes para diversos grupos de personas (Ostrom *et al.*,1999).

Sustentabilidad y Ecosistemas.

Como resultado de las interacciones que se producen en el sistema, aquello que podría haberse considerado como manejo sustentable para un recurso individual, puede resultar en la práctica insostenible para un ecosistema en conjunto. Según Dixon y Fallon (1989), la naturaleza y complejidad de las interacciones que se producen entre los componentes del ecosistema, plantean el problema de la compensación asociada a las alternativas de desarrollo. Cuando en una actividad económica se usan reservas físicas estas pueden mantenerse en su nivel actual, aumentar (mejorar), disminuir (degradarse) o pasar de un uso a otro (destruirse). Esto último, ocurre cuando se talan los bosques para dar un uso agrícola a la tierra, tal como sucede en el caso del sistema forestal, ya que no siempre es posible manejar todas las piezas de un ecosistema en forma armónica. Por un lado, puede que algunos recursos mejoren, mientras otros pueden mantenerse en los niveles anteriores al uso y finalmente, otros que se degraden.

Como existen compensaciones hay costos de oportunidad asociados a la búsqueda de sustentabilidad física de un recurso individual, o de un ecosistema. La magnitud de las oportunidades a las cuales se renuncia en términos del uso de los recursos productivos, debe ser sopesada contra los beneficios que representa asegurar la sustentabilidad del ecosistema original. Para llevar acabo este cálculo de decisiones, deberán valorarse de alguna manera, los beneficios y costos de las acciones alternativas.

(Conesa, 1997).

Los activos creados por el hombre son valorados como capital productivo, y se amortizan contra el valor de la producción a medida que se deprecian. Los activos de recursos naturales no son valorados del mismo modo, y la pérdida de los mismos, no implica un débito contra el ingreso corriente que pudiera explicar la disminución de la producción potencial a futuro. Este elemento se basa en el supuesto implícito de que los recursos naturales son tan abundantes que carecen de valor marginal. Independiente de que los recursos estén o no en el mercado, ellos hacen un aporte significativo a la productividad económica de largo plazo. En términos rigurosos los recursos naturales son activos económicos (Conesa,1997).

Sustentabilidad y Sistemas Agropecuarios

Los sistemas agropecuarios son ecosistemas modificados por el hombre para satisfacer necesidades socioeconómicas. La concepción implícita de la tierra y agua como factores de producción infinitos y renovables, además de ser sustituibles por tecnología ha sido una de las fuerzas motrices del desarrollo agrícola no sustentable (Viglizzo *et al.*, 1992).

El gran aumento de producción de granos en las últimas décadas, estuvo basado en el desarrollo y transferencia de tecnología generados a partir de la denominada revolución verde. La tecnología fue desarrollada, en general, para los sitios de mayor potencial productivo. Dada una cierta correlación entre ocupación de las tierras de mayor calidad y capacidad empresarial, los sectores más favorecidos fueron los que estuvieron ubicados en las mejores tierras (Ruttan, 1997). Los centros internacionales e instituciones locales, intentaron extender los beneficios de la revolución verde a zonas consideradas marginales y otros grupos sociales. Este enfoque contribuyó, en gran medida, a través del desmonte y reconversión productiva, al deterioro de grandes áreas en el mundo, comprometiendo, en algunos casos, las posibilidades del desarrollo futuro (Viglizzo *et al.*, 1992).

Se puede hacer una comparación de los sistemas de producción confrontando las estrategias opuestas de los sistemas de producción convencional y los sistemas de producción que en teoría deben tender a ser sustentables (integrado/ecológico). En estos últimos se considera una rotación de cultivos multifuncional y la incorporación de insumos orgánicos, en vez de los insumos físicos y químicos y aporte de energía (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Comparación de estrategias de producción. *Production strategies comparison.*

Mantención de Fertilidad del suelo	Convencional	Sustentable
Física		
Rotación de cultivos	*	****
Abono orgánico	**	***
Abono verde	***	**
Labranza	****	*
Química		
Abono orgánico	*	****
Fijación N cultivos	**	***
Abono verde	***	**
Fertilizantes	****	*
Biológica		
Rotación cultivos	*	****
Variedades resistentes	**	***
Labranza(control malezas)	***	**
Pesticidas	****	*

* : Indica grado de utilización de esta práctica
Fuente: adaptado de Vereijken (1992).

Conway y Barbier (1990) definen sustentabilidad desde el punto de vista agropecuario, como la capacidad de mantener la productividad en condiciones de campo, predio o nación, en situaciones de estrés o shock. Sustentabilidad agrícola para el TAC (1989) citado por Nene (1993) involucra el manejo exitoso de los recursos de la agricultura satisfaciendo los cambios en las necesidades humanas, manteniendo o mejorando la calidad del ambiente y conservando los recursos naturales. El término sustentabilidad determina, de esta forma, la persistencia o durabilidad de la productividad de un sistema bajo condiciones conocidas o posibles. Esta es una función de las características intrínsecas del sistema, de la naturaleza y dimensión de las situaciones de estrés a las que está sometido, y de los insumos humanos que pueden ser introducidos a contar de aquellas situaciones de estrés (Conway y Barbier, 1990).

La conservación de los recursos naturales exige la necesidad de mantener sus existencias. La perdurabilidad de las funciones esenciales de los ecosistemas, como circulación de nutrientes, productividad, mantenimiento de la calidad de aguas y otros, garantizan la sustentabilidad de la producción agropecuaria. El desafío presente debe contemplar tanto la recuperación de la base de recursos naturales de las áreas de mayor potencial productivo,

como la de las zonas marginales deterioradas (Viglizzio *et al.*, 1992).

Existen varias opciones para diversificar agroecosistemas. Así por ejemplo, se pueden reducir los costos de producción considerando reciclaje orgánico y con ello, reduciendo el uso de insumos y dando un valor agregado al producto. La tendencia hacia el desarrollo de sistemas de producción sustentables, sugiere reconocer las oportunidades y limitaciones que ofrece cada región ecológica, especialmente en lo que a recursos naturales disponibles concierne.

De acuerdo a ello, es necesario diseñar los sistemas productivos adaptados a estas condiciones ecológicas, teniendo en cuenta su viabilidad desde una perspectiva socioeconómica (Viglizzo *et al.*, 1992; Thompson y Nardone, 1999).

Dimensión Económica de la Sustentabilidad.
Los sistemas ecológicos se encuentran interconectados mediante flujos de agua, energía, nutrientes e información. La valorización de estas interrelaciones requieren de un enfoque moderno de la economía de recursos naturales. Aunque el uso del concepto de desarrollo sustentable es relativamente reciente, no debería constituir en sí una novedad para los economistas. El concepto de sustentabilidad está implícito en la definición económica de ingreso tal como fue planteada por Hicks en los años treinta: "el ingreso es la máxima cantidad de recursos que una persona puede consumir sin disminuir sus posibilidades futuras de consumo" (Hicks, 1968 citado por Gómez-Lobo, 1990). En el fondo, tanto la definición de ingreso como el concepto de desarrollo sustentable, tienen el mismo propósito: señalar los peligros que implica considerar como parte del ingreso corriente a la pérdida de capital. Entonces, una interpretación económica del concepto de desarrollo sustentable postula que una sociedad debería vivir de sus ingresos y no del consumo de sus activos (Gómez-Lobo, 1990).

El sistema de información económica nacional (las cuentas nacionales) no discrimina entre crecimiento sustentable y un crecimiento de corto plazo insostenible en el tiempo. En gran medida el problema radica en el modo con que se calculan los índices de la contabilidad nacional, que no considera los recursos naturales y el medio ambiente como un capital económico (Gómez- Lobo, 1990; Conesa, 1997).

Es necesario señalar que, en el actual sistema de cuentas nacionales la depreciación de los activos naturales se contabiliza como ingreso disponible, en circunstancias que constituye una pérdida de capital. El peligro de esta situación radica en que el capital de un país puede reducirse debido a una disminución del capital natural, lo que comprometería las posibilidades de consumo futuro sin que los índices económicos lo muestren (Gómez-Lobo, 1990; Surís y Varela, 1995).

Algunos autores muestran la incertidumbre del papel del capital natural como soporte a la actividad económica, así como al efecto de la actividad sobre el medio ambiente (Víctor, 1991). Con lo que deducen la necesidad de expresar en la medición de modificaciones de un sistema, tanto el rango potencial como los niveles de sensibilidad al cambio.

Por otra parte, se ha planteado la duda sobre la aceptación de modelos de uso de recursos que debieran utilizarse, en forma independiente a la pérdida o ahorro del recurso, debido a la incertidumbre para definir estándares seguros mínimos para el uso de cualquier recurso, hábitat o medio ambiente. Para saber si es aceptable esta pérdida, hay que evaluar las compensaciones que se producen entre los beneficios del desarrollo, derivados por ejemplo, del desmonte y conversión de los bosques húmedos y los beneficios potenciales generados de la conservación de los mismos y de las especies de plantas (muchos de cuyos beneficios son desconocidos). La respuesta no es fácil; la incertidumbre respecto a los beneficios futuros derivados de la diversidad genética constituye un área compleja. Los costos de la preservación estricta, en términos de las oportunidades de desarrollo a las que se renuncia, pueden ser también altos (Gómez-Lobo, 1990).

En la contabilidad de recursos naturales se presentan dos puntos de vista. Un enfoque busca la contabilidad física de los recursos, mientras que el otro, pretende determinar valores monetarios. El enfoque físico tiene la virtud de lograr que modelos económicos comunes de producción y consumo, concuerden aproximadamente con las leyes físicas de la naturaleza. Más aún, la información organizada de esta forma, genera un paso intermedio importante en la estimación de los valores monetarios. Sin embargo, el supuesto de linealidad existente entre la generación de desechos y las acti-

vidades productivas y de consumo, no se puede trasladar a los efectos de las mediciones sobre la calidad ambiental o sobre el bienestar humano (Surís y Varela,1995).

En cuanto contabilidad física, es posible cuantificar los recursos naturales mediante una relación simple:

$$I_f = (I_i + C_r) - T_d$$

I_f = Inventario final
I_i = Inventario inicial
C_r= Tasa de crecimiento, incremento o adición
T_d= Tase de extracción, destrucción o disminución

La explotación de un recurso no renovable, como un mineral, disminuye la reserva de activos de un país y, por lo tanto, parte de los retornos de la venta de ese recurso tiene que invertirse en otro tipo de capital para mantener inalterado la reserva total. (Gómez-Lobo, 1990; Banco Mundial, 1992).

Es posible establecer cuentas físicas para recursos naturales como bosques madereros, yacimientos de petróleo, flora, fauna, peces, etc. En el caso de fauna y similares, el aumento de la población inicial se atribuye a la fertilidad, estimada en función de las tasas de reproducción y el tamaño de la población reproductora, como también a las tasas de inmigración. La reducción de la población, se atribuye a la mortalidad natural, estimada a partir de tasas de mortalidades generales o especificadas por edad, las actividades de caza o pesca, otras fuentes especiales de mortalidad y la emigración (Surís y Varela,1995; Conesa, 1997).

El concepto de renta económica es fundamental para la valoración de los recursos naturales, definiéndose como la rentabilidad obtenida de cualquier insumo productivo por encima de la cantidad mínima necesaria para conservarlo en su uso actual. En términos generales, equivale a las utilidades que se pueden obtener de un factor de producción, en la medida en que superen su costo normal de oferta (Repetto, 1991).

Landenfeld y Hines (1985) citados por Repetto (1991), efectuaron una comparación de los tres principales métodos utilizados para estimar el valor de los inventarios de recursos naturales. Estos son: (i) el valor actual de los ingresos netos futuros, (ii) el valor de transacción de compras y ventas de mercado del recurso realizadas "in situ", (iii) el precio neto, o renta unitaria del recurso, multiplicado por la cantidad pertinente de la reserva.

Como resultado señalan que índices tan utilizados como el Producto Interno Bruto (PIB) no miden adecuadamente el ingreso económico de un país. En estricto rigor el PIB no es una medida de ingreso, puesto que es un índice bruto de producción de corto plazo que no considera la depreciación de ningún tipo de capital. Sugieren por ello que para la medición de ingreso sería más adecuado usar el Producto Interno Neto (PIN).

Sin embargo, el PIN se calcula con mucho rezago y en la práctica es el PIB el índice utilizado como medida del desempeño global de una economía a largo plazo. Dada la importancia que tiene el PIB en la formulación de políticas, en la interpretación de la realidad económica y en la opinión pública en general, parecería necesario que incluyera la noción de sustentabilidad. Algunos autores sugieren que es más preciso, desde un punto de vista conceptual, realizar la contabilidad nacional en términos netos y contemplando la pérdida de capital natural como parte de la depreciación (Daly, 1989 citado por Gómez-Lobo, 1990).

MODELACION DE SISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD.

La evaluación de sustentabilidad de los sistemas agropecuarios mediante modelos matemáticos presenta una serie de ventajas, entre las que se pueden mencionar:

a) Se realiza un manejo más eficiente de los recursos ya que se hace evaluación de diferentes opciones de monitoreo no destructivo (simulación computacional).

b) Se pueden realizar evaluaciones de opciones de manejo que son demasiado costosas físicamente o peligrosas, tales como la influencia de un invierno con lluvia ácida sobre la producción de trigo de una región.

c) Es posible evaluar opciones de manejo que no pueden calificarse inmediatamente con experimentación física, por su requerimiento de escala de tiempo de muy largo plazo, como por ejemplo la influencia de 100 años de irrigación con agua salina sobre un sitio dado.

d) Se puede obtener respuestas cuantitativas más

precisas y en un menor plazo de tiempo acerca de los efectos que pudiera tener un sistema de producción agrícola sobre su propia sustentabilidad y la de los recursos que se están utilizando.

Teniendo como marco las ventajas señaladas, se han diseñado y construido modelos de simulación que incorporan como componentes plantas, suelo o animales, las relaciones entre ellos y los factores externos como clima, para cuantificar la dinámica de las variables que incidan sobre la sustentabilidad del sistema estudiado. Una característica común de los modelos desarrollados es su aproximación a efectos secundarios unidos a la producción, que podemos considerar como parte de la idea global de sustentabilidad.

Se han seleccionado algunos modelos de simulación para estudiar sus características, tomando en cuenta que no sean ecuaciones de regresión o modelos de investigación operacional, cuya estructura obliga a adaptarse al modelo (Aguilar, 1997). De este modo, los modelos que se citan tienen la característica de ser un conjunto de ecuaciones matemáticas que representan una hipótesis particular de funcionamiento, característica que diferencia a los modelos de simulación de cualquier otro modelo.

Modelo de simulación de crecimiento radicular. Los modelos de cultivos pueden simular el crecimiento del sistema radicular a una tasa determinada o incluir los efectos de factores ecológicos tales como temperatura y potencial de agua del suelo. Se ha modelado el comportamiento de raíces con respecto a los agregados y poros del suelo en las zonas afectadas por labranza (Dexter *et al.*, 1986, citados por Jones *et al.*, 1991).

Los factores del suelo que pueden ser considerados y que afectan el enraizamiento son toxicidad por aluminio, deficiencia por calcio, pedregosidad, restricciones de calidad en horizontes del perfil, resistencia del suelo (determinada por densidad aparente, contenido de agua u otro), aireación y temperatura.

En este caso, un modelo de esta naturaleza se enfoca solamente al estudio de los factores que pueden explicar la persistencia de la producción.

Modelo de cálculo de erosión del suelo (EPIC). Woodruff y Siddoway (1965) propusieron un modelo para estimar erosión eólica, el que ha sido usado extensivamente, con varias modificaciones durante los últimos años. El modelo fue desarrollado como resultado de investigaciones para comprender los mecanismos del proceso erosivo del viento, la identificación de los factores de mayor influencia y el desarrollo de métodos de control para este tipo de erosión. La relación funcional entre la variable dependiente (WE, potencial promedio de pérdida anual de suelo) y los factores principales, se puede resumir en:

$$WE = f (I, WK, WC, WL, VE)$$

Donde:
I = índice de erosionabilidad del suelo
WK = factor de rugosidad del suelo
WC = factor climático
WL = distancia media desprotegida, recorrida por el viento a través de un campo
VE = cobertura vegetal

La solución de la ecuación de erosión de viento será la cantidad esperada de erosión en un campo agrícola dado. Una segunda aplicación de esta ecuación involucra la cantidad específica de erosión que se puede tolerar, y luego determinar las condiciones (por ejemplo la cantidad de residuo, ancho del potrero, etc.) que limitan las pérdidas de suelo a una cantidad determinada (Skidmore y Williams, 1991).

El Servicio de Conservación de Suelo del USDA ha usado ampliamente esta ecuación para la planificación de prácticas de control de erosión por viento (Hayes, 1966 citado por Skidmore y Williams, 1991). También ha sido utilizada para estimar la tolerancia de los cultivos a la erosión eólica. Otros usos de la ecuación incluyen:

a) Determinación de espacio entre barreras para separar franjas de terreno
b) Estimación de emisiones de polvo de subdivisiones y tierras agrícolas
c) Predicción de los flujos horizontales y flujos verticales de suelo
d) Estimación de efectos de erosión eólica sobre la productividad
e) Delimitación de aquellas tierras de cultivo donde grandes cantidades de residuos de cultivos podrían ser removidas sin exponer al suelo a una excesiva erosión
f) Estimación de zonas con peligro de erosión en un inventario nacional

El modelo de Woodruff y Siddoway fue convertido desde predicción anual a predicción diaria, con EPIC como interfaz. Sin embargo, dos variables permanecen constantes para cada día del año; erosionabilidad del suelo (I) y el factor climático (WC). Las otras variables están sujetas a variación diaria: factor de rugosidad, largo del potrero y factor vegetativo.

Por lo tanto, esta versión del modelo de erosión eólica EPIC, calcula la erosionabilidad del suelo al comienzo de cada año usando el triángulo textural del suelo. Como esta erodabilidad está influenciada por la labranza del suelo, clima, cultivo, etc., estos elementos podrán ser los datos de entrada para cada período dentro del año. Así, las pérdidas de suelo durante cada período dentro del año, son calculadas para la condición especificada. Luego todas las pérdidas por periodo son sumadas para obtener la pérdida anual de suelo (Skidmore y Williams, 1991).

A nivel de campo, el USDA ha utilizado el EPIC para simular los cambios físicos y erosión en el suelo que pueden ocurrir bajo diferentes prácticas agronómicas y al mismo tiempo, generar estimaciones de productividad. Estos datos han sido utilizados para calcular la depreciación económica del recurso suelo (Faeth, 1993). Ello se hizo estimando los cambios de productividad a largo plazo (tomados desde el modelo EPIC) para diferentes prácticas de cultivo. Fueron usadas en el cálculo del valor presente para calcular los impactos económicos en la productividad del suelo debido a la erosión y los cambios en la estructura del suelo.

La fórmula usada para determinar la depreciación del suelo es la siguiente:

$$\text{Depreciación} = (Y_o - Y_n)/(n/RL)*Pc*(1-1/(1+i)^n)/i$$

Donde:

Y_o = rendimiento inicial
Y_n = rendimiento final
RL = largo de la rotación
n = período bajo consideración
Pc = precio del cultivo
i = tasa de interés real

Para rotaciones con más de un cultivo, cada cultivo se pondera de acuerdo a su participación en la rotación.

Magri *et al.*, (1996) utilizaron EPIC para cuantificar la sustentabilidad de un predio lechero en la Zona Central de Chile. Para ello estiman la pérdida de productividad de los suelos en el largo plazo debido a la erosión. La pérdida de productividad se cuantifica considerando la disminución en los rendimientos de maíz, alfalfa y ballica, en un predio lechero típico de la zona mencionada.

Se considera que la pérdida de productividad obliga a cambios en la capacidad de carga del predio, lo que repercute en sus niveles de ingresos netos. Estos cambios en los ingresos netos, debido al proceso erosivo, se utilizan para estimar el valor de la erosión del predio. Este valor, unido a la cuantificación de nutrientes y pesticidas conforma en los experimentos realizados una idea global de evaluación de sustentabilidad.

En este caso, el modelo EPIC se ha utilizado para experimentar en un predio típico pequeñas variaciones de un estilo de agricultura.

Puede notarse que, en líneas generales, EPIC estudia e incorpora factores en un rango más amplio que la simple persistencia de la producción, aportando otras variables que inciden en ella. Para aproximarse en mejor forma al concepto global de sustentabilidad es necesario asumir hipótesis y realizar cálculos adicionales.

Modelo de índice de productividad (IP).

El modelo de índice de productividad es una medida derivada de la productividad del suelo. La asunción básica del IP es que el rendimiento del cultivo es una función del desarrollo radicular, el que es controlado por el medio ambiente del suelo.

Este modelo incluye características del suelo tales como capacidad de almacenamiento de agua disponible, densidad aparente (ajustada por permeabilidad), pH, número de horizontes en profundidad de enrraizamiento. Las variaciones en las propiedades del suelo en la superficie y en la zona de desarrollo radicular determinan variaciones sensitivas en el IP, para cada sitio específico (Lindstrom *et al.*, 1992). Se pueden evaluar potenciales efectos de manejos de suelo y variaciones en las propiedades del suelo dentro de cada serie, y así estimar la sustentabilidad potencial de un sistema de producción.

Al igual que los modelos anteriores, el énfasis está

en estudiar la persistencia de la producción y los factores que inciden en ella.

Modelo de estudio de Sostenibilidad de pasturas de la altillanura de Colombia.

Este modelo de simulación fue desarrollado en el Departamento de Zootecnia de la P. Universidad Católica de Chile en colaboración con CIAT (Brito *et al.*, 1998a). El modelo considera las relaciones entre clima, suelo, planta y animal. Los componentes que considera, en forma modular, son: 1) el animal, que incluye consumo de materia seca, sistemas de pastoreo, carga animal, requerimientos de mantención y producción para energía y proteína y consumo de sal mineralizada; 2) la planta, que incluye crecimiento, senescencia, digestibilidad y disponibilidad; 3) suelo, que incluye compactación, fertilización y tasas de intercambio para N, P, K y materia orgánica y 4) clima, que considera temperatura y precipitación.

El módulo animal considera opciones para definir sistemas de pastoreo continuo, alterno y rotatorio, asumiendo que es un factor que influye en la disponibilidad de forraje, digestibilidad y consumo de los animales. Las predicciones de consumo se realizan a través de las correcciones a una estimación inicial de consumo potencial, mediante factores de corrección por digestibilidad, disponibilidad y selección. Utilizando estimaciones de requerimientos y cambios de peso para energía y proteína se consiguen predicciones de cambio de peso con un error porcentual medio menor del dos por ciento.

El crecimiento de la pastura se calcula en el módulo planta con la misma metodología utilizada en la determinación del consumo: un crecimiento potencial inicial es corregido mediante factores de nutrientes (utiliza el más restrictivo entre nitrógeno, fósforo y potasio), temperatura, precipitación, compactación del suelo y disponibilidad instantánea. La disponibilidad y digestibilidad diaria se estima mediante un balance ponderado con senescencia y crecimiento.

El módulo suelo considera la dinámica del nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica a través de pooles con diferentes tasas de intercambio. De este modo, el nitrógeno se diferencia en estabilizado, lábil y disponible. Para el fósforo se distingue inorgánico, orgánico, fijado y disponible. En el potasio se considera intercambiable, no intercambiable y en solución. Las estimaciones de materia orgánica se hacen a través de sus elementos más importantes: carbono, nitrógeno y fósforo; las transformaciones consideran una tasa de descomposición y un factor de eficiencia específico. Así, el elemento carbono que se incorpora al suelo procedente de plantas y excretas está formado por tres fracciones: descomponible, estructural y resistente. A su vez, la materia orgánica nativa del suelo es dividida en tres fracciones: biomasa microbial, materia orgánica activa (dividida en protegida y no protegida) y materia orgánica estabilizada.

La característica que puede destacarse en el enfoque utilizado en este modelo es la interacción dinámica que simula entre los componentes suelo, planta y animal, que lo hace flexible para estudiar diferentes escenarios. La validación del modelo, realizada contrastando los resultados del modelo con resultados experimentales de la zona, permitió concluir que el modelo era una herramienta adecuada para evaluar tendencias de funcionamiento de las pasturas de la altillanura colombiana.

El modelo ha sido utilizado para evaluar la sostenibilidad del *Brachiaria dictyoneura* en tres suelos de la altillanura colombiana (Brito *et al.*, 1998b), conduciendo un experimento simulado de engorda de novillos, durante 10 años en tres diferentes tipos de suelo (arcilloso, franco y arenoso) caracterizado por su contenido de arena. El manejo de los novillos era el típico de la zona: comienzo del pastoreo al inicio de la época seca (diciembre) por al menos cuatro meses (hasta fines de marzo), con una carga equivalente a un animal por hectárea, y luego hasta el fin de la época de lluvias con dos animales por hectárea. Las estimaciones de sostenibilidad a través del tiempo se hicieron comparando estimadores que entrega el modelo como son: ganancia de peso de los animales, crecimiento de la pastura, compactación y traslocación de nutrientes del suelo. La tendencia que muestra el modelo es que las pasturas de *B. dictyoneura* funcionan mejor en suelos franco (38% de arena en el modelo), donde se ve mejor estabilidad al cabo de 10 años, con menor reducción progresiva del crecimiento que en los otros tipos de suelo simulado.

A diferencia de EPIC, este modelo considera las relaciones entre suelo, planta y animal, en forma simultánea, desde el punto de vista de la producción animal. Ello significa que el modelo del suelo es diferente al de EPIC, cuyo objetivo es la deter-

minación de pérdida de suelo. Del mismo modo, el componente planta está definido desde el punto de vista de la producción animal y se consideran las variables pertinentes a la correcta estimación de ella. A su vez, el diferente manejo de los animales repercute en la respuesta del suelo y crecimiento de la pastura. Todas estas características aseguran que la idea de sustentabilidad del sistema productivo que se estudia es más fidedigna, ya que la sustentabilidad del sistema, incluyendo persistencia en la producción y variables claves están incluidas en la estructura y objetivos del modelo.

Sin embargo, en cuanto a precisión en el componente suelo son similares. EPIC y este modelo utilizan estimación de tasas anuales. En ambos hay una interfaz que permite cálculos diarios para las demás variables.

La idea global de sustentabilidad en este modelo está fuertemente asociada a que la persistencia de la producción a través del tiempo tiene una fuerte dependencia de la compactación del suelo, criterios de manejo de los animales y nutrientes para las pasturas. El modelo se utiliza, en general, para evaluar un estilo de manejo aplicado en sistemas agroecológicos diferentes.

Modelo de estudio de sostenibilidad de sistemas de producción de pequeños productores de la zona de Carchi, Ecuador.

Este modelo fue desarrollado también en el Departamento de Zootecnia de la P. Universidad Católica en colaboración con INIAP y FUNDAGRO de Ecuador (Barrera y Aguilar, 1996). Fue diseñado para estudiar los factores que afectan la sostenibilidad de los sistemas de producción de pequeños productores de la zona de Carchi, Ecuador, y para evaluar alternativas de manejo de los sistemas productivos, cuyos rubros principales sean leche y papa. Para evaluar la producción del hato lechero se consideró el efecto de la disponibilidad y digestibilidad de la pradera y uso de concentrado sobre consumo de materia seca y producción de leche. La pradera se evaluó considerando efectos de rezago, pluviometría, temperatura, fertilización y nutrientes en el suelo. La producción de papas consideró efectos de clima, fertilización y nutrientes en el suelo. Para la estimación de los ingresos se tomó en cuenta la ciclicidad de los precios de los productos.

Al igual que en el modelo anterior puede destacarse el enfoque utilizado para simular la interacción dinámica entre los componentes suelo, planta y animal, que permite el estudio de diferentes alternativas de manejo de los sistemas de pequeños productores. La validación se realizó con datos de la zona y pudo concluirse de ella que el modelo era una herramienta fiable para evaluar sostenibilidad de los sistemas productivos en estudio.

El modelo fue utilizado para evaluar la sostenibilidad de alternativas de sistemas productivos utilizados en la zona (Aguilar y Barrera, 1997) . De este modo, se distingue una alternativa para el componente de producción de leche con praderas de alta disponibilidad y digestibilidad, más uso de concentrado durante los primeros 120 días de lactancia, como adecuada durante un período de 10 años.

En cuanto a la dinámica de los nutrientes en el suelo, pudo concluírse que en la alternativa estudiada, el realizar un buen manejo del pastizal con dosis de fertilización adecuadas para la siembra y mantenimiento, así como la incorporación de los residuos de excretas y hojarasca permiten mantener y aumentar los niveles de los pooles de nitrógeno, fósforo y potasio.

Este modelo, en comparación con EPIC, presenta las mismas características de diferenciación que el anterior: considera las relaciones entre suelo, planta y animal, en forma simultánea y desde el punto de vista de la producción, con lo que las aproximaciones a la idea global de sustentabilidad del sistema de producción de leche y papa son también más fidedignas.

Sin embargo, al igual que en el modelo anterior, en cuanto a precisión en el componente suelo son similares. EPIC y este modelo utilizan estimación de tasas anuales. En ambos hay una interfaz que permite cálculos diarios para las demás variables. Al igual que en el modelo anterior la idea global de sustentabilidad en este modelo está fuertemente asociada a que la persistencia de la producción a través del tiempo tiene una fuerte dependencia con los criterios de manejo de los animales y nutrientes para las pasturas.

CONCLUSIONES.

El concepto de sustentabilidad está incorporado en forma muy débil en los modelos de simulación. Ello puede explicarse por la diversidad y compleji-

dad del concepto, que hace muy difícil resumirlo en solamente una o algunas variables que lo describan.

Desde el punto de vista de la modelación, la sustentabilidad de un sistema productivo tiene una relación más fuerte y fina con el sistema agroecológico en que está inserto, que con conceptos agronómicos generales. Es decir, un modelo de simulación se aproxima mejor al concepto de sustentabilidad de un sistema productivo en tanto sea más particular, ya que incluye el concepto en su objetivo y estructura del modelo. Por lo tanto, el desarrollo de modelos de simulación de sistemas de producción que incluyan el concepto de sustentabilidad necesitan reconocer cada región ecológica y de acuerdo a ello diseñar los sistemas productivos específicamente adaptados, considerando su viabilidad socioeconómica.

La realización de una evaluación de un sistema productivo agrícola mediante un modelo de simulación debe considerar que los recursos naturales hacen un aporte significativo a la producción, por lo que constituyen activos económicos. Por lo tanto, es necesario incorporarlo como componente en la descripción del sistema, ya que si se deterioran como producto de la actividad económica, deben ser depreciados, con lo que afectarán los resultados económicos del sistema.

Se debe considerar la importancia de la modelación de sistemas como una disciplina que, utilizando la información que existe, puede ayudar a la resolución y evaluación cuantitativa de las alternativas de manejo de los sistemas productivos y su impacto sobre la sustentabilidad del sistema. El uso de la simulación podría ayudar a proponer políticas eficientes para corregir los problemas generados por diferentes estilos de agricultura junto con la evaluación de soluciones.

LITERATURA CITADA

AGUILAR, C.; BARRERA, V. 1997. Evaluación de la sostenibilidad de una alternativa de manejo en el sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 5(1): 1-20.

BARRERA, V.; AGUILAR, C. 1996. Modelo de simulación para el estudio de la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador. I Desarrollo del modelo y validación. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 4(2): 135-166.

BANCO MUNDIAL. 1992. Informe sobre el desarrollo mundial 1992. Desarrollo y medio ambiente. Resumen. Washington D.C., EE.UU.

BOYAZOGLU, J., 1998. Livestock farming as a factor of environmental, social and economic stability with special reference to research. Livestock Pro. Sci. 57: 1-14.

BRITO, E.; AGUILAR, C.; CAÑAS, R; VERA, R. 1998a. Modelo de simulación para evaluar la sostenibilidad de las pasturas a través del tiempo en la altillanura colombiana. I Desarrollo y validación del modelo. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 6(1):1-38.

BRITO, E.; AGUILAR, C.; CAÑAS, R; VERA, R. 1998b. Sostenibilidad del *Brachiaria Dictyoneura* en tres suelos contrastantes de la altillanura colombiana. II Experimentación con un modelo de simulación. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 6(1):39-58.

COMISION DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE. 1990. Nuestra propia agenda. Banco Interamericano de Desarrollo, Programa de las naciones unidas para el desarrollo.

CONESA, V., 1997. Auditorías Medioambientales: Guía Metodológica 2TM Edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 552 pp.

CONWAY, G; BARBIER, E. 1990. Indicators for agricultural performance. En: After the green revolution. Southscan Publications, London.

DASGUPTA, P.; MALER, K-G. 1991. El ambiente y los nuevos temas del desarrollo. En: Desarrollo y medio ambiente, un enfoque integrador. Compilado por J. Vial. 1991. CIEPLAN, Santiago, Chile. 228p.

DIXON, J.; FALLON, L. 1989. El concepto de sustentabilidad: sus orígenes, alcances y utilidad en la formulación de políticas. En: Desarrollo y medio ambiente, un enfoque integrador. Compilado por J. Vial. 1991. CIEPLAN, Santiago, Chile. 228p.

FAETH, P. 1993. Evaluating agricultural policy and the sustainability of production systems: an economic framework. J. Soil and Water Conservation. 48(2):94-99.

GARCÍA, A., 1993. El Concepto de Sustentabilidad y su Evaluación en Recursos Naturales y Sistemas Agropecuarios. Seminario III Programa de Magister en Producción Animal, Depto. de Zootecnia, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Univ. Católica de Chile.

GOMEZ-LOBO, A. 1990. Desarrollo sustentable del sector pesquero chileno en los años 80. En: Desarrollo y medio ambiente, un enfoque integrador. Compilado por J. Vial. 1991. CIEPLAN, Santiago, Chile. 228p.

JONES, C.; BLAND, W.; RITCHIE, J.; WILLIAMS, J. 1991. Simulation of root growth. En: Modeling Plant and Soil Systems. Coeditado por J. Hanks y T. Ritchie. Agronomy Monograph N° 31. ASA-CSSA-SSSA Publishers, Madison, Wisconsin, USA.

LINDSTROM, M.; SCHUMACHER, T.; JONES, A.; GANTZER, C. 1992. Productivity index model comparison for selected soils in North Central United States. J. Soil and Water Conservation. 47(6): 491-494.

MUNASINGHE, M., SHEARER, W., 1995. Defining and Measuring sustainability. The Biogeophysical Foundations, World Bank and United Nations University, Washington D.C.

MAGRI, A., DONOSO, G., BAS, F., 1996. Cuantificación de la sustentabilidad productiva de un predio lechero en la zona central de Chile: una simulación con EPIC. Ciencia e Investigación Agraria 23 (2-3): 99-112.

NENE, Y.L. 1993. Sustainable agriculture: future hope for developing countries. Glen Anderson Lecture. ICRISAT, Andhra Pradesh, India.

OSTROM, E., BURGER, J., FIELD, C., NORGAARD, R., POLICANSKY, D., 1999. SUSTAINABLE: Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges. Science Vol 284 (5412) p 278-282.

REPETTO, R. 1991. La erosión en el balance general. Como contabilizar la pérdida de recursos naturales. En: Desarrollo y medio ambiente, un enfoque integrador. Compilado por J. Vial. 1991. CIEPLAN, Santiago, Chile. 228p.

RUTTAN, V., 1997. Sustainable Growth in Agricultural Production: Poetry, Policy, and Science. In: Vosti, S., and Reardon, T. (eds). Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation. A Policy and Agroecological Perspective. International Food Policy Research Institute. The Johns Hopkins University Press.London, Great Britain. p.19-33

SKIDMORE, E.; WILLIAMS, J. 1991. Modified EPIC wind erosion model. In: Hanks, J., and Ritchie T(eds). Modeling Plant and Soil Systems. Agronomy Monograph N° 31. ASA-CSSA-SSSA Publishers, Madison, Wisconsin, USA.

SURÍS, J., VARELA, M. 1995. Introducción a la Economía de los Recursos Naturales. Editorial Civitas. Madrid, España. 133 pp.

THOMPSON P., NARDONE, A., 1999. Sustainable livestock production: methodological and ethical chagenges. Livestock Pro. Sci. 61: 111-119.

VEREIJKEN, P., 1992. A methodic way to more sustainable farming systems. Netherlands Journal of Agricultural Science 40:209-233.

VÍCTOR, P.A. 1991. Indicators of sustainable development: some lessons from capital theory. Ecological Economics. Vol. 3 N°4.

VIGLIZZO, E.; SCHLICHTER, T.; WINOGRAD, M. 1992. El INTA y el desarrollo agropecuario sustentable. Composición por E. Roberto. INTA, Argentina.

VOSTI, S., y REARDON, T., 1997. Introduction: The Critical Triangle of Links among Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation. In: Vosti, S., and Reardon, T. (eds). Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation. A Policy and Agroecological Perspective. International Food Policy Research Institute. The Johns Hopkins University Press.London, Great Britain. p.1-18

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. 1987. Our common future. Oxford University Press.

WOODRUFF, N., SIDDOWAY, F., 1965. A wind erosion equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc 29:602-608.

INDICE VOLUMEN 26

INDICE DE AUTORES

Abasto F., Percy	49	González M., Fernando	43, 101
Aguilar G., Claudio	49, 169	Herrera M., Javín	155
Allende V., Rodrigo	169	Honorato P., Ricardo	27
Apablaza H., Jaime	37	Iturriaga M., Liliana	67
Apablaza E., Pablo	119	Kogan A., Marcelo	119
Aranguiz A., Ivonne	125	Martinez G., Valeria	67
Atala B., Dib	67	Martiz M., Johanna	111
Barrales V., Luis	61, 111	Montenegro R., Gloria	67
Bas M., Fernando	43, 101	Mujica R., Ana María	67
Berti D., Marisol	155	Nebreda M., Isabel M.	139
Bonomelli de P., Claudia	1, 11	Norero S., Aldo	37
Busquet, Jaime	163	Ortuzar F., Juan E.	111
Calderón B., Ximena	21	Parodi P., Patricio	139
Carmona M., Patricia	111	Peña R., Iván	61, 111
Castro S., Jorge	61, 163	Quinteros L., Jaqueline	111
Cosio G., Fernando	125	Schiappacasse C., Flavia	21
Cruz M., Gustavo	27	Serri G., Humberto	155
David H., Adriana	43	Silva E., Hugo	149
Echenique S., Patricia	67	Soto G., Alberto	37
Estay P., Patricia	37	Sotomayor S., Carlos	149, 163
Farías C., Alejandra	111	Suarez F., Domingo	1, 11
Franulic N., Karola	101	Timmerman, Barbara N.	67
García G., Fernando	49, 169	Valenzuela S., Manuel	21
García M., Alvaro	49	Velez, León D.	75
Gastó C., Juan	75, 125	Vidal P., Iván	155
Gómez U., Miguel	67	Vogel, Hermine	21

INDICE DE MATERIAS

Acido giberélico
Influencia de la aplicación de ácido giberélico sobre el desarrollo del creasing durante la maduración de naranjas de ombligo. 111

Almendro
Efecto de la temperatura y tiempo de incubación en la germinación del polen *in vitro* de cinco cultivares de almendro (*Prunus dulcis (Mill) Webb*). 61

Efectividad de aplicaciones foliares de boro y cinc sobre la cuaja frutal de 2 cultivares de almendro. 149

Amaranto
Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia del uso del nitrógeno en amaranto. 155

Capacidad sustentadora
Método holístico-empírico de cálculo de la capacidad sustentadora y de la productividad ganadera potencial de los sitios. Provincia esteparia muy fría tendencia secoestival o patagonia occidental. 125

Los modelos de simulación como herramienta de análisis de evaluación de sistemas de producción sustentables. 169

Control de malezas
Control de malezas en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). 119

Cuaja frutal
Efectividad de aplicaciones foliares de boro y cinc sobre la cuaja frutal de 2 cultivares de almendro. 149

Densidad poblacional
Efecto de la densidad poblacional sobre el comportamiento de la soya en cultivos de primavera y verano. 139

Digestibilidad aparente
Efecto de la suplementación de un aceite de pescado hidrogenado (GHP) y una sal cálcica de ácidos grasos libres de sebo bovino (SCSB), sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. 43

Efecto de un aceite hidrogenado (GHP) y de una sal cálcica de ácidos grasos (SCP), derivados de residuos de la industrialización de aceites de pescado, sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. 101

Ecología
Metodología y determinación de los estilos de agricultura en escala predial. 75

Método holístico-empírico de cálculo de la capacidad sustentadora y de la productividad ganadera potencial de los sitios. Provincia esteparia muy fría tendencia secoestival o patagonia occidental. 125

Los modelos de simulación como herramienta de análisis de evaluación de sistemas de producción sustentables. 169

Erosión
Erodabilidad y erosión actual de los suelos de Isla de Pascua. 27

Eucalipto
Fertilización del Eucalipto. 1. Efecto sobre la acumulación de biomasa. 1

Fertilización del Eucalipto. 2. Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio. 11

Fertilización
Fertilización del Eucalipto. 1. Efecto sobre la acumulación de biomasa. 1

Fertilización del Eucalipto. 2. Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio. 11

Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia del uso del nitrógeno en amaranto. 155

Kiwi
Madurez y calidad de frutos de kiwi cv. Hayward en base a cosecha diferida. 163

Naranjas
Influencia de la aplicación de ácido giberélico sobre el desarrollo del creasing durante la maduración de naranjas de ombligo. 111

Nutrición de rumiantes
Efecto de la suplementación de un aceite de pescado hidrogenado (GHP) y una sal cálcica de ácidos grasos libres de sebo bovino (SCSB), sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. 43

Efecto de un aceite hidrogenado (GHP) y de una sal cálcica de ácidos grasos (SCP), derivados de residuos de la industrialización de aceites de pescado, sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. 101

Ovejas lecheras
Modelo de simulación para el estudio del manejo de sistemas pastoriles de ovejas lecheras East Friesian. Validación del modelo. 49

Palo de agua
Impacto de la producción de "Palos de Agua" sobre *Echinopsis chiloensis* en Chile. 67

Productividad ganadera
Método holístico-empírico de cálculo de la capacidad sustentadora y de la productividad ganadera potencial de los sitios. Provincia esteparia muy fría tendencia secoestival o patagonia occidental. 125

Propagación
Estudios de propagación sexual y vegetativa en *Conanthera spp.* 21

Requerimientos térmicos
Requerimientos térmicos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en tomate (*Lycopersicon esculentum*). 37

Simulación
Modelo de simulación para el estudio del manejo de sistemas pastoriles de ovejas lecheras East Friesian. Validación del modelo. 49

Los modelos de simulación como herramienta de análisis de evaluación de sistemas de producción sustentables. 169

Sistemas pastoriles
Modelo de simulación para el estudio del manejo de sistemas pastoriles de ovejas lecheras East Friesian. Validación del modelo. 49

Los modelos de simulación como herramienta de análisis de evaluación de sistemas de producción sustentables. 169

Soya
Efecto de la densidad poblacional sobre el comportamiento de la soya en cultivos de primavera y verano. 139

Suplementación
Efecto de la suplementación de un aceite de pescado hidrogenado (GHP) y una sal cálcica de ácidos grasos libres de sebo bovino (SCSB), sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. 43

Efecto de un aceite hidrogenado (GHP) y de una sal cálcica de ácidos grasos (SCP), derivados de residuos de la industrialización de aceites de pescado, sobre la digestibilidad aparente de nutrientes en terneros rumiantes. 101

Tomate
Requerimientos térmicos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en tomate (*Lycopersicon esculentum*). 37

Control de malezas en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). 119

COMPENDIO DE NORMAS PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS: INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

La Revista publica tres tipos de artículos y organiza simposios en temas específicos.

Tipos de artículos

· Artículos de Investigación
· Notas de Investigación
· Ensayos

El artículo de investigación : Se define como tal a un escrito original[1] que comunica los resultados obtenidos en investigaciones particulares, y cuyo tratamiento de la información permite a la comunidad científica evaluar cabalmente las observaciones efectuadas, la metodología empleada, repetir los ensayos efectuados y especialmente sopesar si los datos obtenidos a partir de dichas observaciones justifican o soportan las conclusiones obtenidas. *"The contents of an article shall be new, true, important and comprehensible" (De Barkey, 1976).*

Para efectos de someter artículos a la revista, estos deben contener, en el orden que se indica, las siguientes partes:
- Resumen en inglés, de no más de 250 palabras
- Introducción, que incluya el planteamiento del problema, los antecedentes bibliográficos y los objetivos del trabajo.
- Materiales y métodos
- Resultados y discusión (juntos o por separado)
- Conclusiones (opcional)
- Resumen en español de no más de 250 palabras
- Literatura citada
- Una página con la lista de los títulos (en español e inglés) de todos los cuadros y figuras
- Finalmente, incluir los cuadros y las figuras, uno por página, en el orden que aparecen citados en el texto, indicando el número correspondiente con lápiz grafito.

Notas de Investigación : Corresponden a documentos que describen en forma sintética los resultados de una investigación completa. También se utilizan para describir o comunicar técnicas o metodologías de investigación así como para describir la observación de hechos, resultados o fenómenos únicos e irrepetibles. Para la revista, las notas de investigación no corresponden a resultados preliminares de artículos de investigación.
El procedimiento para presentar cuadros y figuras y el formato de las notas es el mismo que para los artículos de investigación y se detalla más adelante.

Ensayos: Se entienden como tales aquellos escritos donde se trata *in extenso* la investigación más reciente hecha sobre un determinado tema, en el cual los autores poseen una reconocida trayectoria de investigación en el tema tratado, avalada por sus publicaciones especializadas. Los autores del ensayo deben presentar una visión de la materia en forma tal, que englobe de manera dinámica, completa y matizada por sus experiencias, el estado del arte y los últimos avances en un determinado tema.
El procedimiento para presentar cuadros y figuras en ensayos así como el formato, es el mismo que para los artículos de investigación y se detalla más adelante.
La revista no publica revisiones bibliográficas en forma de ensayo. Se entienden como tales los escritos donde se expone o discute la investigación más actual en un determinado tema de interés para los autores, que no corresponde a una línea de investigación propia, en la cual por ende no poseen publicaciones especializadas ya sea individual o colectivamente.

Simposios : La revista organiza simposios en temas específicos, en los cuales participan autores invitados, enviando ya sean artículos de investigación o ensayos. Tanto el tema del simposio como los autores invitados son acordados por el Comité Editorial de la Revista.

Procedimiento:

Las personas que deseen publicar en la Revista Ciencia e Investigación Agraria deben pedir en la dirección administrativa de la revista el formulario "Solicitud de Publicación de Artículos", el cual también se puede obtener por correo electrónico.

Los artículos deben enviarse con el siguiente material:

a) Formulario de solicitud debidamente llenado, incluyendo el check list.
b) Tres copias impresas
c) Copia magnética en diskette de 3,5" con la versión definitiva completa.

---

1 Para efectos de la revista se entiende por "escrito original" el documento que cumple con los siguientes requisitos:
a) Que el documento no haya sido publicado en otro medio de publicación científica.
b) Cuyos resultados pueden haber sido presentados en Congresos o Seminarios Técnicos, siempre y cuando sólo se haya reportado un resumen del escrito. Además, una vez sometido el documento, los autores se comprometen a no enviarlo a otro medio de publicación científica, a menos que el escrito sea formalmente rechazado por el Comité Editorial.

Los artículos son sometidos a revisión crítica por referees asignados por el Comité Editorial, quienes bajo reserva de su nombre emiten su opinión y hacen las sugerencias de acuerdo al procedimiento de evaluación adoptado por la revista.

Según los resultados de la evaluación por los referees, la revista se reserva el derecho de publicar o rechazar los artículos.

El envío debe hacerse a :

Editor
Revista Ciencia e Investigación Agraria
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Av. Vicuña Mackenna 4860- Macul
6904411 Santiago - Chile

o bien a Casilla 306 - Correo 22 - Santiago.

Estructura de los artículos

Idiomas : Son bienvenidos los escritos en español o en inglés

Encabezamiento del artículo

En la primera página del artículo, se deben incluir:
- **Título en español**, letra mayúsculas, en negrita, centrado.
- **Título en inglés**, letras mayúsculas centrado
- **Autores** : incluir nombres, apellido paterno, inicial de apellido materno, centrado
- **Nombre y dirección postal de la(s) institución(es) donde se realizó la investigación.** Si algunos de los autores pertenecen a otras instituciones, se deben usar superíndices a la derecha del nombre de cada uno indicando las respectivas instituciones y direcciones a pié de página.
- **Fuentes de financiamiento** deben ir a pié de página.
- **El resumen en inglés** debe ir antes del inicio de la introducción. Este resumen debe ser breve, no más de 250 palabras. (el resumen en español también debe contener menos de 250 palabras).
- **Palabras claves** : Se deben incluir cinco palabras claves, que se ubicarán inmediatamente después del resumen en inglés y antes de la introducción.

Instrucciones respecto al formato de escritura

- **Tipo de letra** : La revista se imprime con el tipo de letra Times New Roman tamaño 11 puntos, sin embargo, los autores pueden usar otro tipo de letra de su elección para escribir su artículo, cuidando que sean claramente diferenciables los números 0 y 1 de las letras mayúsculas I y O, y que el tamaño permita una clara apreciación, tanto en pantalla como en papel, de los subíndices, superíndices, símbolos especiales, fórmulas matemáticas, notas al pié, etc.
- **Interlineado** : Todo el texto debe ir a espacio y medio. En los puntos aparte se saltará una vez el espacio anterior.
- **Justificación** : Todo el texto debe ir justificado a ambos lados, sin sangrías.
- **Nombres científicos :** En todas las partes del texto, los nombres científicos deben ir en letra itálica de acuerdo a la norma general (ej.: *Origanum vulgare* L., *Festuca rubra* var. *commutata* Gaud).
- **Compaginación :** No es necesario empezar cada sección del artículo en una página nueva.
- **Puntuación de números** : Los miles de unidades se indicarán con punto cuando corresponda y los decimales con comas, en todo el texto.
- **Unidades** : Las unidades deben expresarse de acuerdo a la norma ASA (American Society of Agronomy), la que utiliza puntos multiplicativos y potencias (ej. $kg \cdot ha^{-1}$). La dirección administrativa de la revista dispone de un listado de unidades recomendadas por la ASA, que puede ser consultado o enviado a los autores, a petición de los mismos, sin cargo.
- **Abreviaciones** : Si se utilizan, deben ir entre paréntesis la primera vez que aparecen en el texto, precedidas de su significado. Ej. Ingrediente activo (i.a.)
- **Literatura citada**
  - La revista usa citar los autores de la siguiente forma : apellido e inicial del nombre para el primer autor e inicial del nombre y el apellido de los autores siguientes. Además se utiliza una sangría de 4 espacios en la segunda línea y siguientes de cada cita bibliográfica. Debe haber consistencia en toda la Literatura Citada.

  Ejemplo :

  Mac Donald, N.H., L.T. Frase, P.S. Glingrich y S.A. Keenan. 1982. The writer's workbench. Computer aids for text analysis. IEE Transactions on Communications (COM-30): 105-109.
  - Los números de página deben escribirse completos (ej. 115-118 y no 115-18).
  - Las abreviaciones de nombres de revistas deben estar de acuerdo a las normas establecidas o a la sugerencia de los editores de la propia revista citada.
- **Formato de Figuras y Cuadros**
  - Todos los cuadros y figuras deben presentar títulos en español e inglés.
  - En los cuadros, las letras o los asteriscos indicadores de significancia estadística no deben ser superíndices, sino ir al lado de los números.
  - Los números indicadores de notas explicativas al pie del cuadro deben ser números (1,2,3...) y superíndices, para no confundirlos con las letras o asteriscos de significancia estadística o con los algoritmos de datos del cuadro.

- Se permite la utilización de los símbolos, * para "P<0,05", ** para "P<0,01" y *** para "P<0,001".
- Para los cuadros donde los datos son acompañados por la desviación estándar (los números tipo "± n,n"), estos números deben ser en letra mas pequeña, para destacar el número principal. Ej: 12,75 ±3,34.
- Las figuras deben ser hechas con fondo blanco, no se aceptarán figuras con fondo tramado o de color. En caso de usar líneas, barras u otros tipos de gráfico en figuras, evitar el uso de colores o tonalidades grises para indicar diferencias. Preferir líneas o tramados distintos y claramente identificables.
- En caso de graficar solamente dos variable, se recomienda evitar figuras tridimensionales
- Todas las figuras deben presentarse enmarcadas por un rectángulo
- Los autores deben tener presente que las figuras serán reducidas al espacio de una columna. Se recomienda :
  - Presentar las figuras del mayor tamano posible, en una hoja carta (216 x 279 mm).
  - Las líneas de los ejes X e Y deben ser gruesas y distinguibles, de dos o más puntos de espesor. Esta recomendación también es válida para el caso de las figuras constituidas por dibujos y diagramas de flujo.
  - La simbología, leyendas y todas las letras dentro de la figura, debe ser en letra Times New Roman, de tamaño 16 puntos o superior
  - Los números indicadores de escala en los ejes X e Y también deberán ser en letra Times New Roman de tamaño 16 puntos o superior.
- En cada cuadro, se debe evitar el uso de líneas verticales, espaciando las columnas.
- Excepcionalmente se aceptarán figuras en colores provenientes de fotografías y diapositivas para publicaciones. Los costos de impresión a color son de cargo de los autores.

Nota:
La revista se reserva el derecho de adecuar los textos y figuras de acuerdo con las necesidades del diseño de páginas y estilo de la revista.

Instrucciones para la copia magnética (diskette)

- El documento deberá presentarse preferiblemente en Word o Excel
- Los cuadros deben estar contenidos al final del texto o en un archivo separado del texto, un cuadro por página.
- En el caso de las figuras, deben presentarse solamente como archivos separados del texto.

Reprints
La revista ofrece a los autores la posibilidad de adquirir apartados o reprints de sus artículos.El costo de impresión es de cargo de los autores, y varía de acuerdo a la longitud o número de páginas que ocupa el artículo en la revista y a la presencia de fotografías a color

Retiro de artículos
1.- Los trabajos no aprobados por el Comité Editorial para publicación en la revista Ciencia e Investigación Agraria no serán devueltos a los autores.
2.- Al solicitar la publicación en Ciencia e Investigación Agraria los autores declaran expresamente conocer que su artículo será evaluado por referees designados por el Comité Editorial, quienes recomendarán la publicación y sugerirán correcciones.. Estas serán dadas a conocer a los autores para efectuar las modificaciones pertinentes al trabajo.
3.- Si no se reciben las modificaciones solicitadas a los autores dentro de los plazos establecidos por el Comité Editorial, la revista Ciencia e Investigación Agraria se reserva el derecho de proseguir con el proceso de publicación.
4.- En todo caso, una vez recibidas las correciones por parte de los autores, y enviado el artículo a imprenta, no se aceptará el retiro del trabajo ni modificaciones al mismo.