

## REVISIÓN DE LITERATURA

### UTILIZACIÓN DE PALETAS DE TUNA (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

### CACTUS PEAR (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) UTILIZATION AS A FEED FOR RUMINANTS.

PATRICIO AZÓCAR C.<sup>1</sup>

Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Departamento de Producción Animal  
Casilla 1004 Santiago, Chile

## INTRODUCCIÓN

En la presente revisión bibliográfica se presenta una síntesis de los últimos resultados de investigaciones en alimentación de rumiantes con paletas de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller), publicados principalmente en Chile, Sudáfrica, Túnez y México. En el ámbito mundial existen numerosas revisiones bibliográficas sobre el tema, destacándose entre éstas el trabajo de Felker (1995).

En zonas de clima árido y semiárido, los terrenos de secano utilizados por rumiantes, principalmente ganado menor (caprinos y ovinos), se caracterizan por estar sometidos frecuentemente a grandes fluctuaciones de la disponibilidad y calidad del forraje entre años y estaciones, según los cambios climáticos, principalmente la precipitación. Así, en Chile, en la IV Región, registros de producción anual de forraje señalan rendimientos de 3 ton/ha en un año lluvioso y menos de 0,2 ton/ha en un año seco. Por otra parte, los aportes de forraje de los estratos herbáceo y arbustivo difieren según la precipitación del año. En especies arbustivas se registran bajos aportes de materia seca con valor forrajero en años húmedos, llegando en promedio al 36 por ciento del total de materia seca disponible, y en años secos, con un bajo o nulo crecimiento del estrato herbáceo, la contribución del estrato arbustivo es de gran importancia y puede llegar a un 95% o más (Azócar y Lailhacar, 1990).

La producción de forraje fluctúa considerablemente entre especies según las condiciones ambientales. Esto es demostrado por los autores García de Cortázar y Nobel (1991), quienes hicieron una revisión bibliográfica sobre el potencial productivo de varias especies vegetales en condiciones ambientales diferentes. En general, bajo condiciones de secano de zonas áridas, sin riego, el potencial de producción de materia seca es muy bajo y, generalmente, no supera la ton/ha de forraje. Sin embargo, si el agua no es un factor limitante, se ha demostrado que en cultivos de especies  $C_4$ , tales como caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en zonas con precipitaciones de 2.000 mm/año, se pueden obtener producciones de 40 a 66 ton/ha de materia seca por temporada, y en plantas  $C_3$ , como alfalfa (*Medicago sativa*), se pueden alcanzar bajo condiciones de riego producciones de 21 a 34 ton/ha/año. El potencial de producción de materia seca en cultivos como soja (*Glycine max*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum aestivum*), y maíz (*Zea mays*), fluctúa entre 10 a 20 ton/ha/año. Las especies con metabolismo ácido crasuláceo (CAM), como la tuna o nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller), son consideradas de baja producción con relación a las  $C_4$  y  $C_3$  y no superan las 10 ton/ha/año a escala mundial, pero bajo condiciones particulares de manejo y disponibilidad de recursos hídricos pueden producir más de 20 ton/ha/año.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo M.S. Profesor Departamento Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

En terrenos de secano de zonas áridas, en la mayor parte de los años, no es posible mantener explotaciones ganaderas de leche sustentadas exclusivamente en la pradera, debido a la baja oferta de forraje, mala calidad de éste y grandes fluctuaciones de la producción de forraje entre años. Este tipo de vegetación sólo aporta recursos para la manutención o sobrevivencia del ganado, y en muy pocos casos de producción. Por lo tanto, con el fin de alcanzar niveles económicos de producción, se hace necesario suplementar el ganado con alimentos baratos que aporten energía y proteína en los períodos críticos de escasez de forraje, tales como último tercio de la preñez y período de lactancia (Azócar y Rojo, 1991; Azócar *et al*, 1996).

La suplementación de ovinos, caprinos y bovinos, principalmente en períodos de sequía, puede hacerse utilizando alimentos de bajo costo aportados por cultivos adaptados a condiciones de déficit hídrico.

Las especies del género *Opuntia* son altamente eficientes en el uso del agua, soportan períodos de sequía y alta temperatura. Los cactus se adaptan muy bien a suelos pobres en nutrientes y con limitaciones de recursos hídricos (Silva y Acevedo, 1985). En relación con el manejo del ganado, se ha determinado que el uso de paletas de tuna en la alimentación de corderos aumenta en 30% la eficiencia de utilización del agua de bebida. Por otra parte, el alto potencial productivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) bajo condiciones de déficit hídrico, coloca a esta especie como una importante fuente de forraje para bovinos, ovinos y caprinos, principalmente, en zonas de clima mediterráneo árido (Azócar y Rojo, 1991; Azócar, 1992; Azócar, *et al* 1996; Ben Salem *et al*, 1996; Santana, 1992).

La tuna tiene importancia económica por sus frutos y cladodios o paletas. Estas últimas se utilizan como hortaliza en la alimentación humana (nopales o nopalitos en México) y también como forraje. En zonas áridas y semiáridas las paletas son utilizadas por los ganaderos para proporcionar alimento y agua en períodos de sequía y escasez de forraje a bovinos, ovinos y caprinos.

La utilización de paletas de tuna en la alimentación del ganado es una práctica muy antigua en México, Brasil, Túnez, Sudáfrica, Sicilia, sudeste de Estados

Unidos de Norte América, Chile y otros países (Santana, 1992).

En zonas áridas y semiáridas del nordeste de México, los tunales naturales son utilizados como fuentes de agua y alimento para el ganado en períodos de escasez de forraje (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1983).

En ese país, los tunales están formados principalmente por poblaciones naturales de *Opuntia* spp. (nopaleras) localizados en la parte noreste del territorio. Las especies más abundantes son: Nopal Cardón (*Opuntia streptacantha*), Nopal Duraznillo (*Opuntia leucotricha*), Nopal Tapón (*Opuntia robusta*), Nopal Cacanapo (*Opuntia linoheimeri*) y (*Opuntia engelmannii*), Nopal Quijo (*Opuntia cantabrigiensis*), Nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) y (*Opuntia macrocentra*). Varios autores mexicanos se refieren al uso integral de estas plantas que presentan una amplia gama de uso en agricultura y ganadería (Ramírez, 1974; Lopez *et al*, 1977; Flores, 1977; Flores y Aguirre, 1979; Flores, 1981).

Las especies mexicanas anteriormente mencionadas presentan espinas en las paletas, siendo esto una grave limitación para su uso en alimentación del ganado. El problema fue resuelto mediante la técnica de usar el fuego para quemar las espinas, éste se aplica con un equipo lanzallamas (Felker, 1995). La tuna que se cultiva en Chile (*Opuntia ficus-indica*) no tiene espinas grandes y sus paletas son consumidas por el ganado sin problema (Azócar y Rojo, 1991).

Las ventajas del cultivo de la tuna son: alta producción de biomasa por hectárea, alta palatabilidad, buen valor nutritivo, hábito siempre verde, resistencia a la sequía, tolerancia a la salinidad y adaptación a diferentes tipos de suelo (Monjauze y Le Houérou, 1965; Le Houérou, 1992; Nefzaoui, Chermiti y Ben Salem, 1993; Ben Salem, Nefzaoui y Absouli, 1994; citados por Ben Salem *et al*, 1996).

Las especies del género *Opuntia* presentan alto contenido de cenizas (260 g/kg MS) y agua (926 g/kg peso fresco), y bajo contenido de proteína cruda (58 g/kg MS) y fibra neutro-detergente (185 g FND por kg MS) (Ben Salem *et al*, 1996). Los mismos autores señalan que el consumo de agua

en ovejas se reduce sustancialmente al aumentar la ingestión de paletas de tuna.

### El cultivo de la tuna para forraje

#### Clima

La tuna no se adapta en zonas con temperaturas extremas. En el lugar de origen de esta especie, meseta de México, las temperaturas rara vez alcanzan temperaturas superiores a 40° C o inferiores a -12° C (Felker, 1995). Las temperaturas óptimas de producción se ubican en los 18° a 26° C, pero puede soportar temperaturas extremas de 38° a 40° y de 0 a -8° C.

En condiciones de secano, la tuna crece y produce en lugares con precipitaciones de 700 a 1.500 mm por año, pero puede crecer sin riego con precipitaciones anuales de 200 a 250 mm, pero bajo estas condiciones el crecimiento es lento y la producción de paletas y frutos es baja.

#### Suelo

La tuna se adapta bien en suelos profundos, de textura liviana, incluyendo suelos arenosos, pero no se establece bien en suelos de textura arcillosa.

En suelos poco profundos el potencial de producción baja notoriamente. La especie es tolerante a la alcalinidad y puede establecerse en suelos con pH 8,2 a 8,5, pero no crece en suelos salinos. La conductividad eléctrica máxima del extracto saturado del suelo no debe exceder de 5 a 6 mS/cm (Le Houerou, 1992, citado por De Kock, 1998).

El cultivo de la tuna responde en forma favorable a la fertilización, principalmente de nitrógeno y fósforo. En Túnez se han registrado aumentos notorios en la producción de paletas y frutos de tuna, de 200 a 300%, cuando los tunales fueron fertilizados con aplicaciones moderadas de nitrógeno y fósforo. Aplicaciones de estiércol, en zonas con precipitación promedio de 250 mm/año, dieron similares resultados (Monjauze y Le Houerou, 1965; Franclet y Le Houerou, 1971; Le Houerou, 1992; De Kock, 1993, citado por De Kock, 1998). Todas las especies del género *Opuntia* no pueden establecerse en suelos pantanosos o con mal drenaje (De Koch, 1998).

#### Requerimientos hídricos

La tuna es una especie muy eficiente en el uso del agua en comparación con otros cultivos, según varios autores (Le Houerou, 1994, citado por De Koch, 1998; Silva y Acevedo, 1985) (Cuadro 1).

Cuadro 1  
EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN DIFERENTES ESPECIES FORRAJERAS DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS, BAJO CONDICIONES DE SECANO Y RIEGO.

| Especies                      | kg H <sub>2</sub> O/kg materia seca | mg materia seca/g H <sub>2</sub> O | Autor                 |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Tuna                          | 43-15                               | 23-65                              | Silva y Acevedo, 1985 |
| Agave                         | 93                                  | 10.7                               | Le Houerou, 1994*     |
| Tuna                          | 267                                 | 3.7                                | Le Houerou, 1994*     |
| <i>Atriplex nummularia</i>    | 304                                 | 3.3                                | Le Houerou, 1994*     |
| Mijo                          | 400                                 | 2.5                                | Le Houerou, 1994*     |
| Cebada                        | 500                                 | 2.0                                | Le Houerou, 1994*     |
| Sorgo                         | 666                                 | 1.6                                | Le Houerou, 1994*     |
| Trigo                         | 750                                 | 1.3                                | Le Houerou, 1994*     |
| Alfalfa                       | 1000                                | 1.0                                | Le Houerou, 1994*     |
| Especies forrajeras de secano | 2000                                | 0.5                                | Le Houerou, 1994*     |

\*Fuente: Le Houerou, 1994, citado por De Koch, 1999.

### *Establecimiento*

El establecimiento de tunales se hace principalmente a través de la propagación vegetativa utilizando paletas o cladodios. (Mondragon-Jacobo y Pimienta-Barrios, 1995). Generalmente se plantan las paletas en surcos, y luego se cubren con tierra hasta la mitad mediante el paso de un arado en la proximidad de éste. (De Koch, 1998).

Las plantaciones de tuna se hacen generalmente en hileras distanciadas de 2 a 6 metros. En cada hilera las paletas se ubican con una separación de 1 a 2 metros. Las densidades de plantación, según la literatura, fluctúan de 850 a 5.000 plantas por hectárea. Resultados de modelos de predicción de la producción de forraje en tunales señalan que es posible alcanzar mayores producciones de biomasa en la medida que se aumenta la densidad de plantación (García de Cortázar y Nobel, 1990).

### *Manejo*

El manejo de las plantaciones de tuna para forraje es similar al de plantaciones de tuna para producción de frutos, hortaliza (nopales en México), o colorantes (cochinilla). Por esa razón, esta materia no será tratada en detalle.

La cosecha de la tuna para forraje puede hacerse en forma directa por el ganado, o mediante corte de las paletas y transporte de éstas hasta el lugar de consumo, donde se ubican los comederos de alimentación de bovinos, ovinos o caprinos.

El uso directo por el ganado es mucho más barato, pero las plantas de tuna son sensibles a la sobreutilización y pueden secarse en pocos meses si son sometidas a continuos cortes provocados por mal manejo del ganado.

El uso directo por el ganado, o la cosecha mediante cortes de las paletas, debe hacerse cuando éstas tengan 2 a 3 años de edad, pero hay que tener presente que su valor nutritivo baja considerablemente a partir del 3<sup>er</sup> año, y por lo tanto no deben utilizarse paletas de mayor edad (Walters, 1951, citado por De Koch, 1998).

### *Utilización de la tuna para forraje*

La tuna para forraje puede utilizarse mediante consumo directo, corte de paletas y transporte en fresco a comederos para el consumo animal, corte de paletas, secado y molido de éstas para entregarlas al animal como harina, y corte y ensilaje (De Koch, 1998).

#### *Consumo directo por el animal*

El modo más fácil de utilización de tunales es mediante el consumo directo de las paletas por parte del ganado. Este sistema de manejo no requiere maquinarias, utiliza poca mano de obra y es más barato. El mejor método de utilización es dividir el tunal en pequeños cercados y pastorear éstos en forma intensiva por un corto período, no mayor de dos días, para evitar el daño de las plantas y facilitar su recuperación. Con este método pueden ocurrir grandes pérdidas de paletas dado que el animal no consume todo el material que corta; por esa razón, es muy importante evitarse la sobreutilización por períodos prolongados.

#### *Corte y consumo en fresco*

Las paletas se cortan temprano en la mañana, se trasladan al lugar donde serán consumidas por el ganado, luego se trozan para posteriormente repartirlas en los comederos para el consumo animal durante horas de la tarde. Es importante que el animal consuma las paletas trozadas después de mediodía para evitar diarreas. Debido al metabolismo ácido crasuláceo (plantas CAM) las paletas de tuna contienen gran cantidad de ácidos en la mañana, pero éstos disminuyen considerablemente en la tarde. Este método facilita y aumenta el consumo, lográndose una mejor utilización de las paletas al reducir considerablemente el material de desecho. La operación de picado o trozado es necesaria para reducir la humedad de las paletas y aumentar el consumo.

#### *Corte, secado y consumo molido*

Las paletas se cortan, se secan al aire libre en una superficie cubierta con cemento o plástico para evi-

tar la formación de raíces, y cuando alcanzan una deshidratación adecuada se muelen. El material molido puede guardarse para su utilización en los períodos de sequía y/o utilizarse como suplemento de las paletas frescas, con lo que se logra un aumento del consumo de tuna.

#### Corte para ensilaje

Un ensilaje de buena calidad puede obtenerse si se mezclan paletas de tuna picada con paja de avena, heno de alfalfa de mala calidad (alfalfa y malezas), o cualquier otro forraje seco que aporte fibra. Se recomienda una mezcla de 84 partes de paletas picadas y 16 partes de forraje seco más melaza. Cuando se usan paletas con frutos no es necesaria la aplicación de melaza. El ensilaje de tuna hecho en la forma indicada se utiliza posteriormente como cualquier otro ensilaje (De Koch, 1998).

En zonas áridas y semiáridas, en las estaciones normales de sequía (verano, otoño en Chile), o en años de sequía, es posible mantener la producción de leche en rumiantes alimentando el ganado con ensilaje de frutos y paletas de tuna, aun en el caso de plantas de tuna con espina. Como se indica anteriormente, el ensilaje de tuna debe mezclarse con paja de cereales o pasto seco, y complementarse con alimentos proteicos (semilla de maravilla, raps, algodón) y urea. Además, debe agregarse minerales tales como fósforo y sodio (harina de hueso, sal y cal) (De Koch, 1998).

#### Rendimiento potencial de forraje de un tunal

Un tunal puede producir, bajo condiciones de sequía, bajo un manejo adecuado y próximo al óptimo, de 5 a 10 ton/ha de forraje (materia seca) en zonas áridas, 10 a 20 ton/ha en zonas semiáridas y 20 a 30 ton/ha en zonas subhúmedas (De Kock, 1998).

Los altos rendimientos de forraje que se señalan en la figura 1 sólo es posible obtenerlos con un manejo adecuado del tunal, establecimiento de éste en un suelo profundo, de buena textura, fertilización óptima, y aplicación de guano o abono orgánico. Bajo tales condiciones se pueden lograr rendimientos de forraje por hectárea 10 veces superiores a los que se alcanzarían con las especies nativas

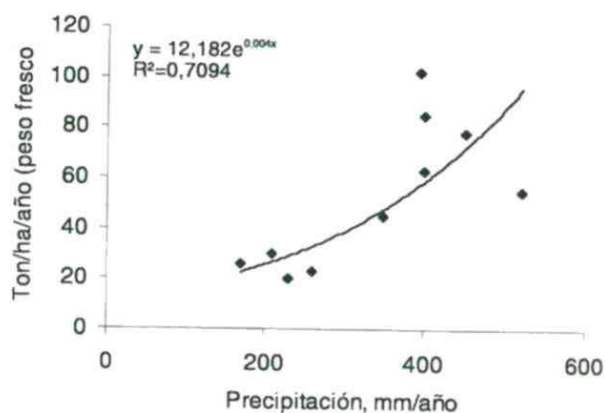


Figura 1. Producción de forraje de tunales (*Opuntia ficus-indica* var. *Inermis*) en Túnez, según precipitación (Adaptado de Monjaud y Le Houérou, 1965 por Néfiaoui y Ben Salem, 1998).

de secano del lugar y el manejo tradicional de éstas. En suelos de profundidad media, de regular condición, y manejo no adecuado (sin cultivo, sin fertilización), aún es posible alcanzar un rendimiento 3 a 5 veces superior al que se obtendría con la vegetación natural (De Kock, 1980; Le Houérou, 1984; Bingham y Skerbeck, 1988, citados por De Koch, 1998).

En Sudáfrica, De Koch y Aucamp, 1970 (citados por De Koch, 1998), estudiaron la eficiencia de uso del agua de tunales bajo diferentes tasas de riego en una zona con precipitación de 178 mm. En el cuadro 2 se señalan los rendimientos de forraje en kg/ha expresados en peso fresco y peso seco de los diferentes tratamientos de riego (Cuadro 2).

De Kock, 1980 (citado por De Koch, 1998), hizo una comparación entre la producción de forraje y la cantidad de nutrientes digestibles por cada unidad de precipitación equivalente a una cantidad de agua recibida de 25 mm. Bajo estas condiciones comparó las siguientes especies: tuna para forraje (*Opuntia robusta*), el arbusto forrajero numularia (*Atriplex nummularia*) y alfalfa (*Medicago sativa*), y concluyó que en zonas áridas y semiáridas la tuna produce mayor cantidad de forraje por unidad de agua recibida con relación a las especies anteriormente indicadas (Cuadro 3).

En Brasil, Santana (1992) menciona rendimientos de paletas de tuna en fresco de 106,9 a 205,0 ton/

Cuadro 2

RENDIMIENTO DE FORRAJE DE TUNALES BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE RIEGO. LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL DEL LUGAR ES DE 200 MM Y EL N° DE PLANTAS POR HECTÁREA ES DE 2.920. CARNARVON EXPERIMENTAL STATION. 1965/66-1967/68.

| Precipitación anual 178 mm<br>+ Riego | N° de<br>riegos | Fecha de<br>riego               | Rendimiento por hectárea |               |
|---------------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------|---------------|
|                                       |                 |                                 | Peso Fresco ton          | Peso Seco ton |
| Sin riego                             | 0               | -                               | 24.89                    | 3.27          |
| Riego 75 mm                           | 1               | Septiembre                      | 38.61                    | 4.21          |
| Riego 152 mm                          | 2               | Sept. + Nov.                    | 66.49                    | 6.11          |
| Riego 229 mm                          | 3               | Sept. + Nov. +<br>Enero         | 97.60                    | 9.09          |
| Riego 305 mm                          | 4               | Sept. + Nov. +<br>Enero + Marzo | 106.68                   | 10.57         |

Fuente: De Kock y Aucamp, 1970, citados por De Koch, 1998.

Cuadro 3

COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE PRODUCIDA (MATERIA SECA) Y NUTRIENTES DIGESTIBLES POR CADA UNIDAD DE 25 MM DE AGUA RECIBIDA EN TUNA (*OPUNTIA ROBUSTA*), NUMULARIA (*ATRIPLEX NUMMULARIA*) Y ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*). PROMEDIO 4 ESTACIONES.

| Tuna          |                                 | Numularia     |                                 | Alfalfa       |                                 |
|---------------|---------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Forraje<br>Kg | Nutrientes<br>Digestibles<br>Kg | Forraje<br>Kg | Nutrientes<br>Digestibles<br>Kg | Forraje<br>Kg | Nutrientes<br>Digestibles<br>Kg |
| 2.220,9       | 1.001,8                         | 876,3         | 373,0                           | 331,5         | 182,0                           |

Fuente: De Kock (1980), citado por De Kock (1998).

ha/año (aproximadamente 16 a 31 ton/ha/año de materia seca), según zona geográfica, tipo de suelo, dosis de fertilizantes aplicados, densidad de plantación y asociación con otros cultivos.

En Chile se han registrado rendimientos de paletas de tuna de 13 ton/ha de materia seca en cultivos establecidos con una baja densidad de plantación que cubría sólo el 30% del terreno. Por otra parte, trabajos de investigación señalan rendimientos de paletas de 40 ton/ha/año con alta densidad de plantación, riego y fertilización óptima. En condiciones de secano se han obtenido rendimientos promedio de 8 ton/ha/año en la zona central del país (García de Cortázar y Nobel, 1990; Riveros et al, 1990).

García de Cortázar y Nobel (1991) investigaron el potencial de producción de forraje de la tuna en la Estación Experimental Agronómica Rinconada de Maipú, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universi-

dad de Chile (aproximadamente 20 km al sur oeste de Santiago, 33° 19' S, 70° 55' W.). En ese lugar se plantaron paletas con un tamaño promedio de 38 cm de largo y 22 cm de ancho, durante los días 20 al 22 de enero de 1988 (verano). Las paletas se ubicaron distanciadas a 23 cm en surcos espaciados a 17 cm, y luego se cubrieron con tierra hasta la mitad. Con fines experimentales, se utilizaron bloques constituidos por 9 surcos de 12 m de largo cada uno. La orientación de los surcos fue de norte a sur y las paletas se plantaron con sus partes planas mirando al este - oeste. La estimación de la producción de forraje se hizo considerando a cada surco como una unidad. Para evitar el efecto borde sólo se evaluaron los cinco surcos centrales. Con los datos obtenidos, y considerando una separación entre surcos de 17 cm, se estimó un rendimiento de forraje de 40 ton/ha/año expresado en materia seca. Un estudio posterior de los mismos autores menciona producciones de forraje de paletas de tuna (materia seca) de 50 ton/ha/año.

**Calidad nutritiva del forraje de paletas de tuna**

La calidad nutritiva del forraje de paletas de tuna depende del tipo de planta (especie, variedad), edad de las paletas, estación del año, condiciones agronómicas (clima, tipo de suelo, fertilidad del suelo, condiciones de crecimiento).

En general, la tuna se caracteriza por el alto contenido de humedad de las paletas, que en promedio fluctúa de 85 a 90% de agua, alta digestibilidad *in vitro* (aproximadamente 75%), alto contenido de carbohidratos solubles, vitamina A y cenizas (20% de la materia seca), y bajo contenido de proteína, fibra cruda y fósforo (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE PALETAS DE TUNA Y HENO DE ALFALFA UTILIZADOS EN LA SUPLEMENTACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE CABRAS AL FINAL DEL PERÍODO DE LACTANCIA. CAMPO EXPERIMENTAL AGRONÓMICO LAS CARDAS, FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, UNIVERSIDAD DE CHILE, COQUIMBO.

| Composición                     | Heno de alfalfa | Paletas de tuna |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| Materia seca (%)                | 93.06           | 15.04           |
| Materia orgánica (%)            | 88.75           | 90.00           |
| Proteína cruda (%)              | 18.86           | 3.51            |
| Energía metabolizable (Mcal/kg) | 2.52            | 2.25            |
| Calcio (%)                      | 1.68            | 2.01            |
| Fósforo (%)                     | 0.29            | 0.11            |

Fuente: Azócar y Rojo (1991).

Cuadro 5

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA EN *ACACIA CYANOPHYLLA*, *ATRIPLEX HALIMUS*, *OPUNTIA FICUS-INDICA*, HENO DE CEBADA. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL INRAT EN OUSSÉLTIA, TÚNEZ CENTRAL.

| Composición                                 | <i>Acacia cyanophylla</i> | <i>Atriplex halimus</i> | <i>Opuntia ficus-indica</i> | Heno de cebada |
|---------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| Materia seca (g/kg)                         | 555                       | 464                     | 100                         | 808            |
| Materia orgánica (g/kg materia seca)        | 900                       | 799                     | 779                         | 916            |
| Proteína cruda (g/kg materia seca)          | 129                       | 161                     | 38                          | 64             |
| Fibra cruda (g/kg materia seca)             | 254                       | 164                     | 154                         | 350            |
| Fibra detergente neutro (g/kg materia seca) | 469                       | 328                     | 197                         | 605            |
| Digestibilidad de la materia orgánica (%)   | 51.2                      | 79.3                    | 82.3                        | -              |

Fuente: Ben Salem, Nefzaoui y Abdouli (1994).

El contenido de proteína cruda disminuye de 5 a 3% de la materia seca y el contenido de fibra cruda aumenta de 9 a 20% de la materia seca con el aumento de la edad de las paletas de tuna de 1 a 5 años. El contenido de proteína disminuye significativamente en la medida que las paletas de tuna aumentan su peso con la edad. Esta tendencia es similar a la de otros recursos para forraje, que a mayor edad de la planta disminuye el valor nutritivo de ésta y aumenta el contenido de fibra (Nefzaoui y Ben Salem, 1998).

Las paletas de tuna se caracterizan por su alta digestibilidad. Nefzaoui y Ben Salem (1996) citados por Nefzaoui y Ben Salem (1998) mencionan coeficientes de digestibilidad obtenidos en alimentación de ovejas con paletas de tuna, de 60 a 65% para materia seca, 60 a 70% para materia orgánica, 35 a 70% para proteína y 40 a 50% para fibra. Estos coeficientes son similares a los de otros forrajes utilizados en la alimentación de rumiantes.

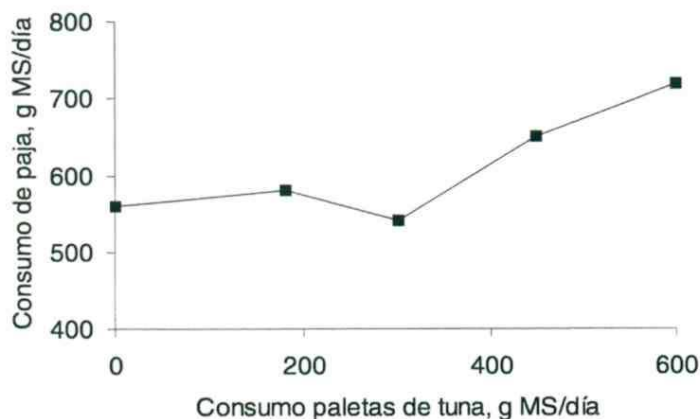


Figura 2. Consumo de paletas de tuna versus consumo de fibra (Ben Salem et al, 1996, citados por Nefzaoui y Ben Salem, 1998).

Investigaciones realizadas en Túnez muestran el efecto positivo de agregar paletas de tuna a la paja de cereales dado que aumenta el consumo de ésta y la producción animal (Figura 2).

#### Utilización de la tuna como fuente indirecta de agua de bebida en zonas áridas

La falta de agua para la bebida del ganado en zonas áridas y semiáridas, principalmente en verano y en períodos de sequía, es un grave problema por provocar una notoria disminución de los rendimientos de leche y carne, ya que los animales gastan una gran cantidad de energía y tiempo en busca de las escasas fuentes de agua (aguadas), y el agotamiento de estas últimas puede causar la muerte de caprinos, ovinos y bovinos. Por otra parte, alrededor de los puntos de agua se concentra el ganado, lo que provoca la degradación de los terrenos aledaños a éstos. El uso de la tuna en la alimentación del ganado hace disminuir considerablemente el problema de abastecimiento de agua para la bebida, dado el alto contenido de ésta en las paletas. La tuna utiliza el agua de lluvia del período invernal y principio de primavera y la almacena en sus tejidos. Estos últimos son

consumidos por rumiantes en períodos de sequía y constituyen un real aporte de agua de bebida.

Nefzaoui y Ben Salem (1998) realizaron una investigación en Túnez, cuyos resultados muestran claramente que el consumo de agua en ovejas se reduce a cifras cercanas a cero cuando éstas consumen 300 g/día de materia seca de paletas de tuna. El volumen de agua consumido por las ovejas disminuyó de 2,41 ltrs/animal/día en el testigo sin aporte de paletas de tuna, a 0,11 ltrs/animal/día en ovejas que consumieron 300 g/animal/día de materia seca de tuna. Los autores señalan que a mayor consumo de tuna las ovejas dejaron de

beber agua (Figura 3).

En Chile, Riveros *et al* (1990) estudiaron, en la zona semiárida, Estación Experimental La Rinconada de Maipú, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, el efecto del reemplazo de un porcentaje del heno de alfalfa por paletas de tuna en el peso vivo de corderos y en el consumo de agua de éstos. El estudio tuvo una duración de dos meses, se hizo en el período de verano, se utilizaron 20 corderos de 6 a 7 meses de edad, los que fueron ubicados al azar en dos tratamientos. En el primer tratamiento, los animales fueron alimentados con heno de alfalfa según sus requerimientos de manutención. En el segundo tratamiento los corderos fueron alimentados en igual forma,

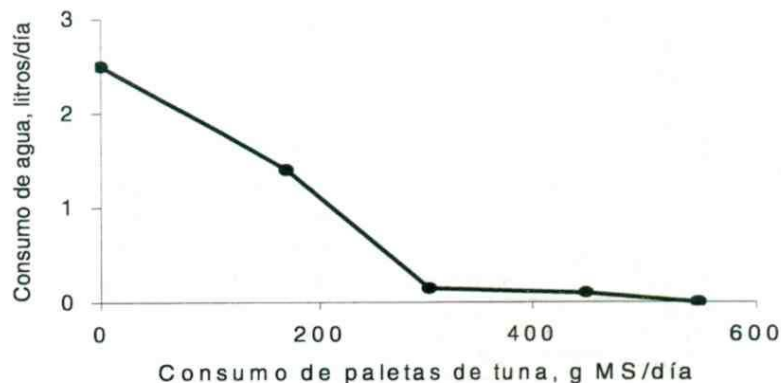


Figura 3. Relaciones entre consumo de paletas de tuna (g/día de materia seca) versus consumo de agua (litros/día). Ben Salem et al, 1996, citados por Nefzaoui y Ben Salem (1998).

pero se reemplazó un 25% del heno de alfalfa por materia seca de paletas de tuna. En ambos grupos se registró diariamente el consumo por animal de heno de alfalfa, paletas de tuna y agua bebida.

El peso vivo de los corderos se mantuvo entre semanas con pequeñas variaciones ( $P < 0.05$ ). La materia seca consumida fue similar en los dos tratamientos ( $P < 0.05$ ), el grupo alimentado con heno de alfalfa fluctuó entre 0,87 a 1,35 kg/cordero/día, y en el grupo alimentado con heno de alfalfa más tuna las fluctuaciones fueron de 0,65 a 1,32 kg/cordero/día. El último grupo consumió entre 28,1 y 31,8% de materia seca de paletas de tuna a partir de la segunda semana del ensayo.

El consumo de agua fue significativamente diferente entre tratamientos ( $P < 0,01$ ). En el grupo alimentado con heno de alfalfa el consumo fluctuó entre 2,48 a 3,26 ltrs/cordero/día y entre 0,71 a 1,51 ltrs/cordero/día en el grupo alimentado con heno de alfalfa más tuna. Considerando el consumo directo e indirecto de agua, derivado de los requerimientos hídricos de la alfalfa y de la tuna para producir un kg de materia seca, la eficiencia del uso del agua fue 30% más eficiente en el tratamiento heno de alfalfa más paletas de tuna. Finalmente, los autores concluyen que la utilización de la tuna en la alimentación animal es una opción interesante para aumentar la producción del ganado, y particularmente es una alternativa para mejorar la eficiencia de utilización del agua en zonas áridas y semiáridas (Figura 4).

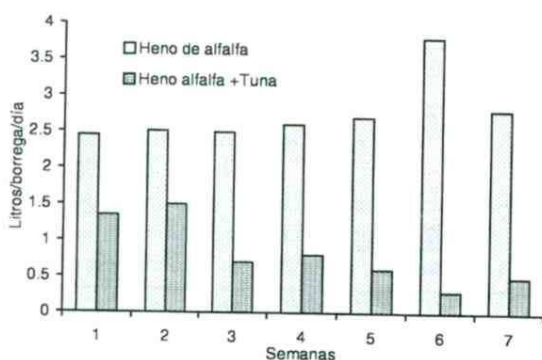


Figura 4. Consumo semanal de agua en corderos Suffolk. Estación Experimental La Rinconada de Maipú, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago. (Riveros, García de Cortázar y García (1990)

En una investigación realizada por Azócar y Rojo (1991) en la zona árida de Chile, Campo Experimental Agronómico Las Cardas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Coquimbo, se demostró que al suplementar la alimentación de cabras, al final del período de lactancia, con heno de alfalfa, se aumenta significativamente la producción de leche en un promedio de 55,4%, en relación a la pradera natural constituida por especies herbáceas y arbustivas. Cuando el heno de alfalfa fue reemplazado por paletas de tuna, sobre la base de materia seca, en 16, 21 y 34%, la producción de leche aumentó en 93,8, 103,6 y 125,9% respectivamente. Los autores concluyen que en una ración alimentaria, calculada según los requerimientos nutritivos necesarios para cabras en lactancia, la sustitución de hasta un 34% de la materia seca del heno de alfalfa por paletas de tuna provoca un efecto estimulante en la producción de leche en cabras, lo que atribuyen al alto contenido de agua de la tuna o a algún "efecto lactógeno". Estos resultados confirman la importancia de incorporar el uso de paletas de tuna en la alimentación del ganado de leche, en la zona árida y semiárida de Chile (Cuadro 6 y Figura 5).

#### Utilización de la tuna como complemento de otros recursos para forraje en zonas áridas.

El forraje de paletas de tuna no puede utilizarse como único alimento en animales debido al bajo contenido de nitrógeno en los tejidos de esta especie y, por consiguiente, es necesario complementarlo con una fuente de nitrógeno como heno de alfalfa, o si es posible con otros recursos utilizados para forraje de menor costo tales como arbustos forrajeros o paja de cereales tratada con urea.

Resultados de investigaciones realizadas en Túnez por Nefzaoui *et al*, (1995) citados por Nefzaoui y Ben Salem (1998), muestran que dietas con un alto porcentaje de paletas de tuna pueden suplementarse eficientemente con forraje aportado por *Atriplex nummularia*. Los mismos autores concluyeron en otra investigación, que el consumo de *Acacia cyanophylla*, especie con alto contenido de nitrógeno en sus tejidos, es bajo a causa del alto contenido de tanino (7% base materia seca). Este tanino es también responsable de la baja digestibilidad de la proteína en *Acacia cyanophylla*.

Cuadro 6

PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS ALIMENTADAS EN PRADERA NATURAL Y SUPLEMENTADAS CON HENO DE ALFALFA Y PALETAS DE TUNA. PROMEDIO DE LOS DOS ÚLTIMOS MESES DE LACTANCIA. CAMPO EXPERIMENTAL AGRONÓMICO LAS CARDAS, FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, UNIVERSIDAD DE CHILE. COQUIMBO IV REGIÓN.

| Tratamientos                                              | Rendimiento promedio de leche (g/cabra/día)* |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| T1. Testigo. Pradera natural con dominio de arbustos (PN) | 193 c                                        |
| T2. PN + heno de alfalfa <i>ad libitum</i> .              | 300 b                                        |
| T3. PN + 84% heno de alfalfa + 16% paletas de tuna        | 374 b                                        |
| T4. PN + 79% heno de alfalfa + 21% paletas de tuna        | 393 ab                                       |
| T5. PN + 66% heno de alfalfa + 34% paletas de tuna        | 436 a                                        |

\* Promedios dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativos entre sí. (Duncan  $P < 0,05$ ).

Fuente: Azócar y Rojo (1991)

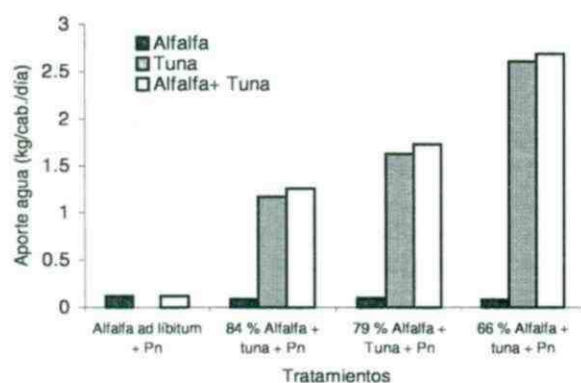


Figura 5. Contenido de agua en heno de alfalfa y paletas de tuna utilizados en la alimentación de cabras en lactancia. Campo Experimental Agronómico Las Cardas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Coquimbo. (Azócar y Rojo, 1991).

Azócar *et al.* (1996) evaluaron el consumo, peso vivo y producción de leche en cabras alimentadas con *Atriplex nummularia* o paletas de tuna. Los tratamientos fueron: 1) 100% heno de alfalfa; 2) 70% heno de alfalfa y 30% de *A. nummularia*; y 3) 70% heno de alfalfa, y 30% de paletas de tuna, base materia seca. Las cabras se mantuvieron estabuladas en forma permanente. El heno fue dado a las cabras sin picar, las paletas de tuna fueron trozadas y el forraje de *A. nummularia* se proporcionó en ramas. El consumo fue medido diariamente, y la cantidad de forraje ofrecida fue ajustada semanalmente. El peso vivo y la producción de leche fueron medidos al comienzo del experimento y durante el período experimental cada 20 días.

Los datos de consumo de forraje no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y

2, pero en el tratamiento 3 el consumo fue mayor ( $P < 0.05$ ). Las ganancias totales en peso vivo fueron significativamente mayores en el tratamiento 3 en comparación con los otros dos ( $P < 0.05$ ). La producción diaria y total de leche se redujo considerablemente al incluir en la dieta *A. nummularia*. El consumo de paletas de tuna produjo un efecto positivo en la producción de leche. Finalmente, los autores concluyen que es posible reemplazar en la dieta de cabras en lactancia hasta un 30% del heno de alfalfa por paletas de tuna, base materia seca. Este reemplazo induce un efecto positivo en el consumo del forraje, en el peso vivo de las cabras y en la producción de leche de éstas. Por el contrario, al reemplazar heno de alfalfa por *Atriplex nummularia*, aun cuando no se afecta el consumo, disminuye significativamente el peso vivo y producción de leche (Figura 6).

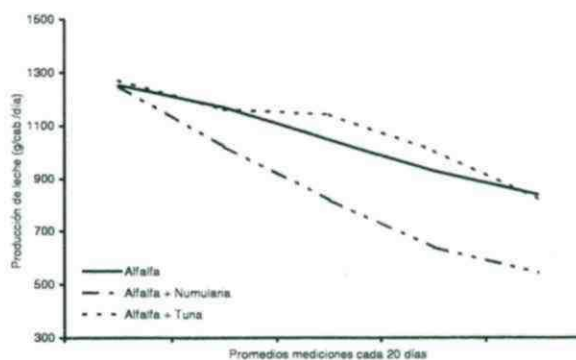


Figura 6. Promedios de mediciones de producción de leche al comienzo del experimento y cada 20 días a partir de esa fecha. Estación Experimental Agronómica Las Cardas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Coquimbo. Fuente: Azócar *et al.*, 1996.

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos en Túnez por Nefzaoui y Ben Salem (1998), quienes lograron resultados positivos en la producción animal al combinar forraje de *A. nummularia* con paletas de tuna. La diferencia, se debe probablemente a que la precipitación en la zona árida de Chile, Región de Coquimbo, es menor a la de Túnez, con lo que se produciría una mayor concentración de sales y probablemente de tanino en los tejidos del *A. nummularia*.

### Conclusiones

- El alto potencial productivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) bajo condiciones de déficit hídrico, coloca a esta especie como una importante fuente de forraje para bovinos, ovinos y caprinos, principalmente, en zonas de clima mediterráneo árido.
- La tuna utiliza el agua de lluvia del período invernal y principio de primavera y la almacena en sus tejidos. El consumo de éstos por rumiantes en períodos de sequía convierte a esta especie en una real fuente de agua de bebida para el ganado, con lo que se reduce considerablemente los requerimientos de agua, lo que es muy importante en zonas áridas y semiáridas.
- El cultivo de la tuna para forraje es una opción muy interesante desde un punto de vista productivo, que debe considerarse en la planifica-

ción de los recursos destinados a forraje en la zona árida y semiárida de Chile, especialmente en explotaciones de cabras de leche.

- El forraje de paletas de tuna no puede utilizarse como único alimento en animales debido al bajo contenido de nitrógeno en los tejidos de esta especie y, por consiguiente, es necesario complementarlo con una fuente de nitrógeno como heno de alfalfa, o si es posible, con otros recursos destinados a forraje que aporten proteína de menor costo, tales como arbustos forrajeros o paja de cereales tratada con urea.
- Es factible reemplazar el heno de alfalfa en un 30% en la alimentación de cabras en lactancia sin afectar significativamente el consumo del forraje, el peso vivo y la producción de leche.
- La presencia de paletas de tuna trozadas en la dieta de cabras en lactancia induce un mayor consumo y aumento en la producción de leche, lo que se debería a un "efecto lactosa" aún no explicado.
- El reemplazo del heno de alfalfa en la alimentación de cabras en lactancia, en un 30% base materia seca, por *Atriplex nummularia* no afecta significativamente el consumo del forraje, pero disminuye el peso vivo y particularmente baja la producción de leche en terrenos de pastoreo de la zona árida de Chile.

### LITERATURA CITADA

- AZÓCAR, P. Y LAILHACAR, S. 1990. Bases ecológicas para el desarrollo agropecuario de la zona de clima mediterráneo árido de Chile. *Terra Arida* 8:221-301.
- AZÓCAR, P. Y ROJO, H. 1991. Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como suplemento forrajero estival de cabras en lactancia en reemplazo de heno de alfalfa. *Avances en Producción Animal* 16 (1-2): 173 - 182.
- AZÓCAR, P. 1992. Biomasa y biotecnología. Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la alimentación de cabras. *Actas II Congreso internacional de la tuna y cochinilla*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, 22 al 25 de septiembre de 1992. p. 119-125.
- AZÓCAR, P.; ROJO, H.; MIRA, J. Y MANTEROLA, H. 1996. Inclusión de numularia (*Atriplex nummularia* Lindl.) y cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de cabras criollas en reemplazo de heno de alfalfa. I. Efecto en el consumo, peso vivo y producción de leche. *Avances en Producción Animal* 21 (1-2): 43-50.
- AZÓCAR, P. 1998. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) utilization as feed for ruminants. *Proceedings International Symposium "Cactus pear and*

- nopalitos processing and uses". Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile and FAO. International Cooperation Network on Cactus Pear. Santiago, Chile, September 24-26, 1998. p. 77-82.
- BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A. Y ABDOULI, H. 1994. Palatability of shrubs and fodder trees measured on sheep and dromedaries: Methodological approach. *Animal Feed Science and Technology* 46: 143-153.
- BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; ABDOULI, H. Y ORSKOV, E. R. 1996. Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. *Animal Sciences* 62: 293-299.
- DE KOCH, G. 1998. The use of cactus pear (*Opuntia* spp.) as a fodder source in the arid areas in Southern Africa. Proceedings International Symposium "Cactus pear and nopalitos processing and uses". Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile and FAO. International Cooperation Network on Cactus Pear. Santiago, Chile, September 24-26, 1998. p. 83-95.
- FELKER, P. 1995. Forage and fodder production and utilization. In: Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nation. Plant Production and Protection. Paper 132. pp. 144-154.
- GARCÍA DE CORTÁZAR, V. Y NOBEL, P.S. 1990. Worldwide environmental productivity indices and yield predictions for a CAM plant, *Opuntia ficus-indica*, including effects of doubled CO<sub>2</sub> levels. *Agricultural and Forest Meteorology*. 49:261-279.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES. 1983. El nopal. Comisión Nacional de las Zonas Áridas. México. 85 pág.
- MONDRAGON-JACOBO, C. Y PIMIENT-BARRIOS, E. 1995. Propagation. In: Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nation. Plant Production and Protection. Paper 132. pp. 64-70.
- NEFZAOU, A. Y BEN SALEM, H. 1998. Spineless cactus: a strategic fodder for West Asia and North Africa arid zones. Proceedings International Symposium "Cactus pear and nopalitos processing and uses". Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile and FAO International Cooperation Network on Cactus Pear. Santiago, Chile, September 24-26, 1998. p. 58-76.
- RIVEROS, E.; GARCÍA DE CORTÁZAR, V. Y GARCÍA, G. 1990. Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como suplemento forrajero estival para ovinos en crecimiento. *Avances en Producción Animal*. 15(1-2): 81-88.
- SANTANA, P. 1992. Tunas forrajeras (*Opuntia ficus-indica* y *Nopalea cochenillifera*) en el nordeste brasileño: una revisión. Actas II Congreso Internacional de la Tuna y Cochinilla. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, 22 al 25 de Septiembre de 1992. p. 126-142.
- SILVA, H. Y ACEVEDO, E. 1985. Introducción y adaptación de *Opuntia* spp. en el secano mediterráneo árido de la IV Región. Informe Final. Proyecto 0065. Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT). 136 pág.