

Composición Química y Contenido Energético de la Biomasa de Malezas en Arrozales de Chile Central¹

C. Ramírez*, J. San Martín**,
C. San Martín*, D. Contreras*

ABSTRACT

The coverage, biomass, chemical composition and energetic content of 10 weeds in a rice field of Central Chile were determined. Rice was the pattern of comparison used for the study. According to their life forms, the species were classified into five therophytes, four hemicryptophytes and two cryptophytes. The organs (root, stem, leaves and fruit) of each species were analyzed separately. Material for the analysis were taken after the cultivation of the rice from five 1 m² plots located in an area excluded from weed control. Rice had a 36% coverage while weeds had 100%, distributed in different layers. The total biomass of the cultivation was 4117 g/m², rice contributing only 48% of it. Cryptophytes dominated in cover and biomass. In all the plants studied, production of organic matter and ash were quite similar. The water plants presented a greater ash content than did the plants with a terrestrial habitat. The hemicryptophytes presented a higher caloric values than the therophytes. This indicated that the latter was low for all species, while the crude fiber content was high. Non-nitrogen extract was also high. These were great variations in the chemical components of the different forms of life and of the plant organs. Ash was found in greater quantities in the roots and leaves and lesser amounts in the stems and fruits. The inverse was true for organic matter. The highest caloric values were found in the fruits and the lowest in the leaves. The results indicate the need for weed control in the rice fields of Central Chile. *Echinochloa crusgalli* was the most efficient of the weeds, surpassing, in many aspects, even rice. The possibility of using this weed as forage is put forward.

COMPENDIO

Se estudiaron la cobertura, biomasa, composición química y contenido energético de diez malezas en un arrozal de Chile Central, usando el arroz como patrón de comparación. Las especies se clasificaron según su forma de vida en cinco terófitos, cuatro hemicriptófitos y dos criptófitos. Los órganos de cada especie (raíz, tallo, hojas y frutos) fueron analizados por separado. El material para los análisis se recolectó al final del cultivo, en cinco parcelas de metro cuadrado cada una, en un área excluida del control de malezas. El arroz alcanzó un 36% de cobertura y las malezas un 100%, disponiéndose en distintos estratos. La biomasa total del cultivo fue de 4117 g/m², y el arroz sólo contribuyó con un 48% de ella. Los terófitos dominaron en cobertura y biomasa. La producción de materia orgánica y ceniza fue bastante similar en las plantas estudiadas. Las especies dependientes del agua presentaron mayor contenido de ceniza que aquellas con hábito terrestre. Los hemicriptófitos mostraron mayores valores calóricos que los terófitos, lo que indica una mejor adaptación al cultivo de los últimos. El contenido proteínico fue bajo en todas las especies, mientras que el de fibra cruda fue alto, igual que el del extracto no nitrogenado. Se constataron grandes variaciones de esta composición química en las distintas formas de vida y órganos vegetales. La ceniza fue mayor en raíces y hojas, y menor en tallos y frutos. Los mayores valores calóricos se presentaron en los frutos y los menores en las hojas. Los resultados señalan la necesidad de controlar las malezas en los arrozales de Chile Central y muestran que *Echinochloa crusgalli* es la más eficiente de ellas, ya que incluso supera al arroz en muchos aspectos. Se propone un posible uso como forraje para esta maleza.

INTRODUCCION

En la depresión intermedia de la Zona Central de Chile, entre las ciudades de Santiago y Chillán, se cultiva la variedad Oro de *Oryza sativa* L. (31). Como esta región es de clima mediterráneo, el anegamiento del cultivo se realiza con agua de riego. Esto hace que el nivel del agua en las áreas sembradas presente grandes oscilaciones, favoreciendo el enmalezamiento. Hasta la fecha se ha constatado la presencia de más de un centenar de especies de malezas en estos arrozales de Chile Central, algunas de las cuales suelen provocar grandes problemas al cultivo, malogrando la cosecha (28). De estas malezas, importantes por su agresividad, se han realizado estudios taxonómicos, ecológicos y fenológicos (12, 20, 27, 28, 29).

1 Recibido para publicación el 17 de marzo de 1989. Financiado parcialmente por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile (Proyecto S-88-22).

* Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

** Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede de Talca, Chile.

El presente trabajo da cuenta de los resultados de un estudio realizado en arroz y en diez especies de malezas asociadas a él, sobre la composición química y el contenido energético de los distintos órganos, para determinar su eficiencia ecológica (17).

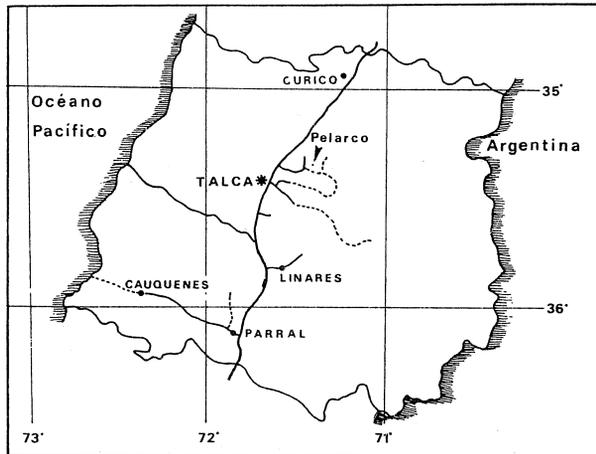


Fig. 1. Ubicación del estudio en la Séptima Región del Maule, Chile.

El estudio se realizó en el predio arrocero denominado "San Francisco", situado a 3 km al norte del poblado de Pelarco (35° 21' 48" de latitud Sur y 71° 52' 54" de longitud Oeste) en la provincia de Talca, Séptima Región del Maule, Chile (Fig. 1). En ese lugar, la rotura del terreno para el cultivo se realiza a fines de agosto o inicios de setiembre, según las condiciones climáticas. En la segunda quincena de setiembre se nivela el terreno y se confeccionan los pretilos (diques) que separan las superficies de cultivo. A fines de octubre se inundan éstas y en el mes de noviembre se siembra la semilla del arroz, que previamente se ha hecho germinar al sumergir los sacos que la contienen

en canales de regadíos. El cultivo se cosecha a fines de marzo, drenándolo una semana antes de iniciar la cosecha (Fig. 2).

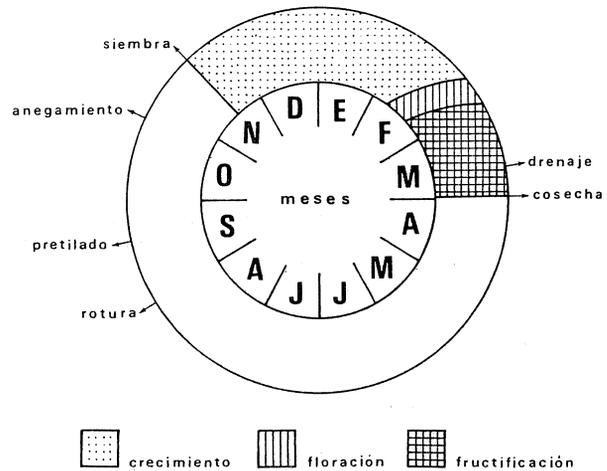


Fig. 2. Fases del cultivo y fenología del arroz en Chile Central.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con diez malezas y arroz, el que se usó como patrón de comparación (Cuadro 1). La forma de vida de las especies fue determinada en la clave de Ellenberg y Mueller-Dombois (11), y la nomenclatura usada se basa en el catálogo de Marticorena y Quezada (19). Se trabajó sólo con especies herbáceas: cinco terófitos (plantas anuales, capaces de completar su ciclo de vida en una estación), cuatro hemicriptófitos (hierbas perennes, con yemas de renuevo a nivel del suelo y que pierden parte de su biomasa aérea en la época desfavorable) y dos criptófitos (un helófito o planta palustre y un hidrófito o planta acuática, hierbas con

Cuadro 1. Caracterización botánica de las especies investigadas.

Especie	Autor	Familia	Nombre común	Forma de vida
<i>A. lanceolatum</i>	L.	Alismataceae	Hualtata	Hemicriptófito
<i>A. coccinea</i>	Roth.	Lythraceae	No conocido	Terófito
<i>C. canescens</i>	L.	Cyperaceae	Cortadera	Hemicriptófito
<i>C. haspan</i>	(Nees.) Kük.	Cyperaceae	Cortadera	Terófito
<i>E. crusgalli</i>	(L.) Beauv.	Poaceae	Hualcacho	Terófito
<i>E. macrostachya</i>	Britton	Cyperaceae	Quilmén	Hemicriptófito
<i>L. peploides</i>	(H.B.K.) Raven	Onagraceae	Clavito de agua	Hidrófito
<i>O. sativa</i>	L.	Poaceae	Arroz	Terófito
<i>P. distichum</i>	L.	Poaceae	Chépica	Hemicriptófito
<i>P. persicaria</i>	L.	Polygonaceae	Duraznillo	Terófito
<i>T. angustifolia</i>	L.	Typhaceae	Vatro	Helófito

yemas protegidas en el fango o bajo el agua). El primero con un rizoma reservante y el segundo, con hojas natantes (Cuadro 1).

El lugar de muestreo correspondió a una superficie de 162 m² (18 m x 9 m), separada del resto del arrozal por pretilos y alimentado directamente por un canal de regadío. Esta superficie fue sembrada simultáneamente con el resto del predio y sometida al mismo manejo que el agricultor dio a todo el cultivo, y sólo fue excluida del control químico de malezas, aplicado a fines de diciembre.

El período de cultivo se extendió entre agosto de 1982 y marzo de 1983, mes en que se efectuó la cosecha. Durante la cosecha se realizó el siguiente trabajo en el área experimental: Primero se determinó la cobertura de las especies en cinco parcelas de 1 m² cada una; para ello se apreció a simple vista el cubrimiento de los individuos de cada especie, expresando el resultado del porcentaje (16). Esta cobertura se determinó por separado en los distintos estratos, por lo que la suma de ella supera el 100 por ciento. Posteriormente se procedió a cosechar la parte aérea y subterránea de las plantas que crecían en las parcelas. En el laboratorio se sortearon las especies y se lavaron con agua corriente. El material obtenido, y separado por órganos, se colocó en bolsas de papel y fue secado a 80°C durante 5 d, en una estufa con circulación de aire. Después de ser enfriado se determinó su peso seco.

Este mismo material vegetal fue luego pulverizado en un molinillo de martillos, teniendo la precaución de limpiar el instrumento entre las moliendas de los distintos órganos y especies. El material molido se guardó en bolsas selladas de polietileno, para usarlo en análisis posteriores. El valor calórico de este material fue determinado quemándolo en un calorímetro adiabático, siguiendo las instrucciones de Long (18), Lieth y Pflanz (17) y Runge (26).

Para cada muestra se hicieron dos determinaciones y sólo cuando la diferencia entre ellas superaba las 20 cal, se procedió a realizar una tercera. Los valores calóricos presentados en este trabajo corresponden a promedios de esas mediciones y se expresan en calorías por gramo de peso seco, incluida la ceniza. Aunque hoy se tiende a usar otras medidas (35), se ha preferido usar ésta por ser más conocida. De la misma manera, se incluyó la ceniza por ser un factor importante en plantas acuáticas, alcanzando generalmente valores muy altos (25). De la misma determinación calorimétrica se obtuvo el contenido de ceniza total y, por diferencia, el porcentaje de materia orgánica de la muestra (26).

Muestras del material vegetal pulverizado fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal del Instituto de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile (Valdivia), para efectuar los siguientes análisis: determinación de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado, usando las técnicas tradicionales (32). Por la gran cantidad de muestras, sólo se realizaron dos determinaciones para cada una, siendo los valores presentados en este trabajo, los correspondientes promedios. El material de algunas muestras no fue suficiente para practicar los análisis, y en otros casos no se contó con él, como sucedió, por ejemplo, con los frutos de *T. angustifolia*, ya que esta planta no alcanzó a florecer en el corto período que duró el cultivo (29).

RESULTADOS

Cobertura

Las cinco especies de terófitos presentaron un 101.6% de cobertura en promedio total. El mayor valor se encontró en *E. crusgalli* (52%), que superó la cobertura del arroz en un 16 por ciento. Los otros terófitos presentaron valores bajos de cobertura, reuniendo un total de 13.6% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cobertura y biomasa de las especies estudiadas.

Forma de vida y especie	Cobertura (%)	Biomasa (g/m ²)
Terófitos:		
<i>P. persicaria</i>	4.30	46.00
<i>C. haspan</i>	4.00	334.00
<i>A. coccinea</i>	5.30	98.40
<i>O. sativa</i>	36.00	1 998.00
<i>E. crusgalli</i>	52.00	1 120.00
Hemicriptófitos:		
<i>E. macrostachya</i>	3.00	57.00
<i>A. lanceolatum</i>	18.00	39.25
<i>C. canescens</i>	4.30	37.20
<i>P. distichum</i>	3.30	282.00
Helófito:		
<i>T. angustifolia</i>	3.60	62.00
Hidrófito:		
<i>L. peploides</i>	2.30	43.00
Total	136.10	4 116.85

Los hemicriptófitos sólo alcanzaron a cubrir un 28.6% del cultivo, ocupando los estratos más bajos. De éstos, el mayor valor lo presentó *Alisma lanceolatum* con un 18 por ciento. Los dos criptófitos reunieron en total un 5.9% de cobertura.

La cobertura total del cultivo con malezas alcanzó a 136%, lo que indica que las diferentes formas de vida se disponen ocupando distintos estratos. El arroz, es decir, la planta cultivada, sólo presentó un 36% de cobertura, mientras que las malezas ocupaban el 100 por ciento.

Biomasa

La mayor productividad en biomasa correspondió también a las plantas anuales, pero en este caso el mayor peso seco por unidad de superficie fue presentado por el arroz (1998 g/m²). Los otros tres terófitos tenían bajos valores y entre ellos sólo destaca *Cyperus haspan*, con 334 g/m² de peso seco. En este caso, el arroz superó la productividad de *E. crusgalli*, que la había superado en cobertura (Cuadro 2).

Los hemicriptófitos mostraron baja productividad (415 g/m², en conjunto), y de ellos únicamente *Paspalum distichum* tuvo un valor destacado (282 g/m²). El peso seco de *A. lanceolatum* fue uno de los más bajos en esta forma de vida, a pesar de que su cobertura fue alta, lo cual señala un gran contenido de agua en sus órganos. Los dos criptófitos (*T. angustifolia* y *L. peploides*) presentaron bajos valores de biomasa.

La productividad total del área cultivada fue de 4117 g/m²; de esta biomasa, al arroz sólo le correspondieron 1998 g/m², es decir, un 48% del total.

Materia orgánica

Los terófitos presentaron un promedio de 83.13% de materia orgánica, con un valor máximo de 88.45% en *E. crusgalli* y uno mínimo del 79.03% en *C. haspan* (Cuadro 3). El valor del arroz es muy cercano al de *E. crusgalli*, mientras que el de *Ammannia coccinea* se aproxima más al de *C. haspan*. *Polygonum persicaria* presentó un valor intermedio, entre ambos extremos.

Los hemicriptófitos presentaron un promedio de 86.95% de materia orgánica, superando a los terófitos. La variación de los valores fue mínima en las diferentes especies, presentando *A. lanceolatum* el valor mínimo (84.32%) y *P. distichum* el más alto (88.71%). Los criptófitos exhibieron el valor promedio más bajo de materia orgánica (83.43%).

Considerando todas las especies investigadas, el mayor porcentaje de materia orgánica se presentó en *P.*

distichum (88.72%) y el menor en *A. coccinea* (80.20%).

En general, se puede afirmar que la producción de materia orgánica no presentó grandes diferencias entre las plantas estudiadas, y que la especie cultivada se ubicó entre aquellas que poseían el mayor porcentaje.

Contenido en ceniza

Los valores de ceniza son inversamente proporcionales a la materia orgánica y pueden observarse en el Cuadro 3. Los más altos aparecieron en los criptófitos, mientras que los más bajos en los terófitos.

Cuadro 3. Composición de la materia seca y valores calóricos de las especies trabajadas.

Forma de vida y especie	Materia orgánica (%)	Ceniza total (%)	Valor calórico (cal/g)
Terófitos:			
<i>P. persicaria</i>	84.65	14.82	3 655
<i>C. haspan</i>	79.03	20.97	3 596
<i>A. coccinea</i>	80.20	19.80	3 562
<i>O. sativa</i>	87.36	12.63	3 727
<i>E. crusgalli</i>	88.45	11.55	3 790
Hemicriptófitos:			
<i>E. macrostachya</i>	86.33	13.63	3 700
<i>A. lanceolatum</i>	84.32	15.68	3 862
<i>C. canescens</i>	88.48	11.51	3 982
<i>P. distichum</i>	88.71	11.28	3 806
Helófito:			
<i>T. angustifolia</i>	82.68	17.31	3 613
Hidrófito:			
<i>L. peploides</i>	84.25	15.75	3 636

Esto está de acuerdo con el grado de adaptación de las plantas al medio acuático; en efecto, las especies más dependientes del agua presentaron altos valores de ceniza, y aquéllas con carácter terrestre los más bajos.

Valores calóricos

Los valores calóricos guardan estrecha relación con el contenido en materia orgánica de cada forma de vida. Los hemicriptófitos presentaron el mayor valor promedio, 3837 cal/g (Cuadro 3). Dentro de ellos, el más alto correspondió a *Carex canescens* (3982 cal/g), y el más bajo a *E. macrostachya* (3700 cal/g).

En los terófitos el valor calórico promedio descendió a 3666 cal/g, con una variación parecida a la de la forma de vida anterior. El mayor valor se midió en *E. crusgalli* (3790 cal/g), y el menor en *A. coccinea* (3562 cal/g). En esta forma de vida, sólo *E. crusgalli* superó el valor calórico del arroz, que alcanzó a 3727 cal por gramo. Los criptófitos presentaron los menores valores calóricos, con un promedio de 3624 cal por gramo.

Sólo cuatro de las diez malezas trabajadas superaron el contenido energético del arroz: *E. crusgalli*, *A. lanceolatum*, *P. distichum* y *C. canescens*. Casi todas, también, presentaron altos valores de cobertura y biomasa, lo que indica una alta agresividad y capacidad de competencia.

Variación en los órganos

Los contenidos en materia orgánica, ceniza y energía presentaron fuertes variaciones en los distintos órganos de las plantas, en todas las formas de vida. En general, la materia orgánica aumentó de las raíces al tallo, para luego descender nuevamente en las hojas (Fig. 3). En los frutos se incrementó nuevamente, superando los valores de las hojas en los terófitos, con la única excepción de *A. coccinea*. En *I. angustifolia*, los valores del tallo y las hojas fueron muy parecidos. Las mayores variaciones se presentaron en *L. peploides*.

El contenido de ceniza tuvo un comportamiento similar, aunque inverso, presentando valores altos en las raíces y más bajos en los tallos, para luego subir y alcanzar su valor máximo en las hojas y bajar nuevamente en los frutos (Fig. 4).

En general, el contenido energético fue mayor en tallos y frutos, y menor en raíces y hojas (Fig. 5). Esta diferencia fue mucho más marcada en los terófitos. En esta misma forma de vida se encontró una gran similitud en las variaciones del valor calórico en los distintos órganos del arroz y de *E. crusgalli*, maleza perfectamente adaptada al cultivo, y que, a menudo, malogra las cosechas.

Composición química por forma de vida

La proteína cruda fue mayor en los hemipterófitos (6.38%), y menor en los terófitos (5.01%), ocupando los criptófitos una posición intermedia (5.8%). El arroz y *E. crusgalli* presentaron valores bajos, mientras que *L. peploides* y *A. lanceolatum*, los mayores. En general, el contenido proteínico de todas las plantas estudiadas fue reducido, alcanzando un promedio de sólo 5.65% (Cuadro 4).

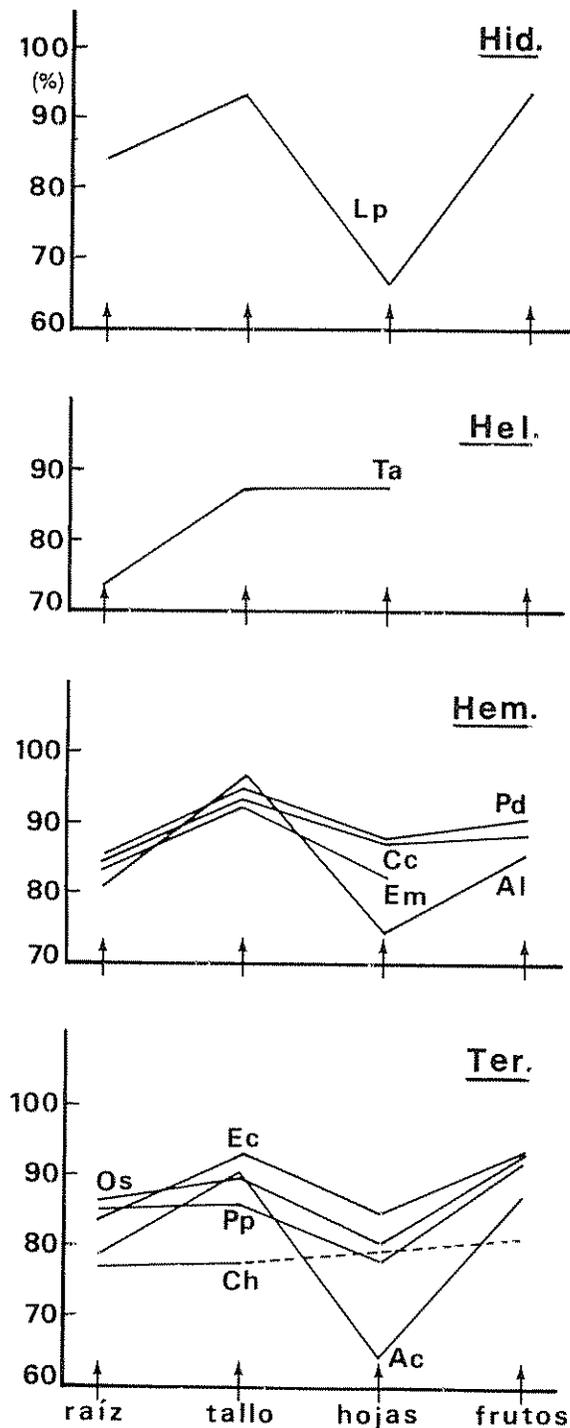


Fig. 3. Porcentaje de materia orgánica en el peso seco de los distintos órganos de *A. coccinea* (Ac), *C. haspan* (Ch), *P. persicaria* (Pp), *O. sativa*, *E. crusgalli* (Ec), *A. lanceolatum* (Al), *E. macrostachya* (Em), *C. canescens* (Cc), *P. distichum* (Pd), *T. angustifolia* (Ta) y *L. peploides* (Lp), agrupadas en las siguientes formas de vida: terófitos (Ter.), hemipterófitos (Hem.) e hidrófitos (Hid.).

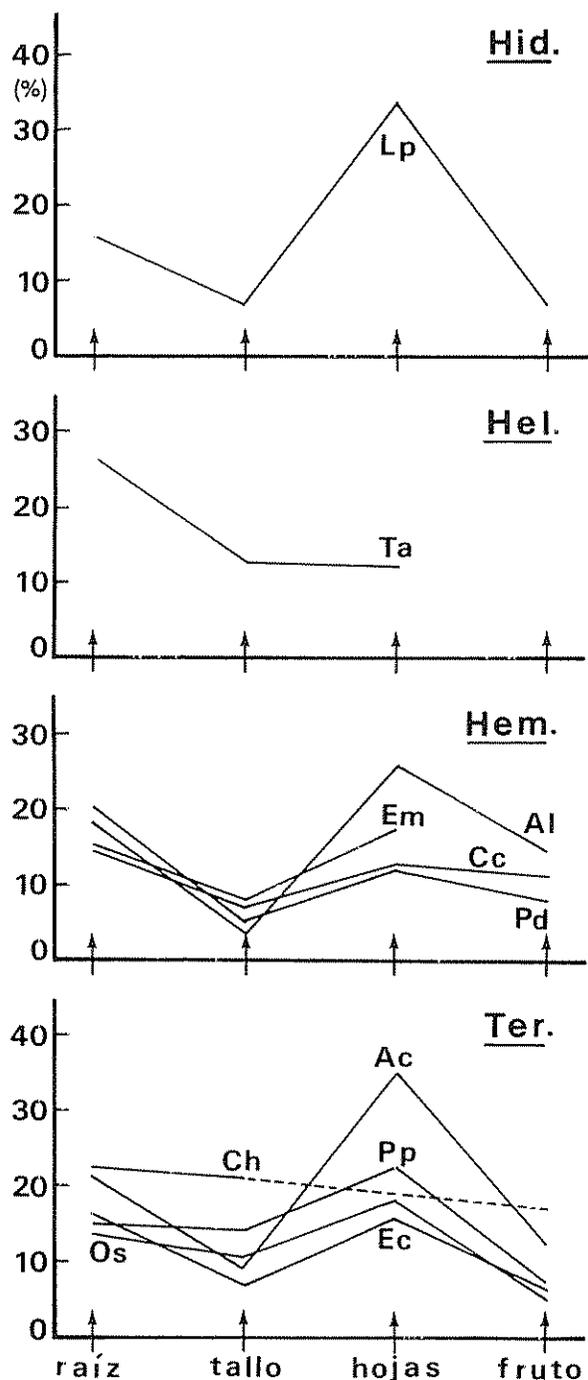


Fig. 4. Porcentaje de ceniza en el peso seco de los órganos de plantas de arrozales de Chile Central, agrupadas por formas de vida (véanse abreviaturas en Fig. 3).

El extracto etéreo ofreció bajos valores en todas las plantas, y sin diferencias significativas entre ellos, aunque el arroz y *E. crusgalli*, presentaron los más altos. El promedio de todas las especies fue del 1.06 por ciento.

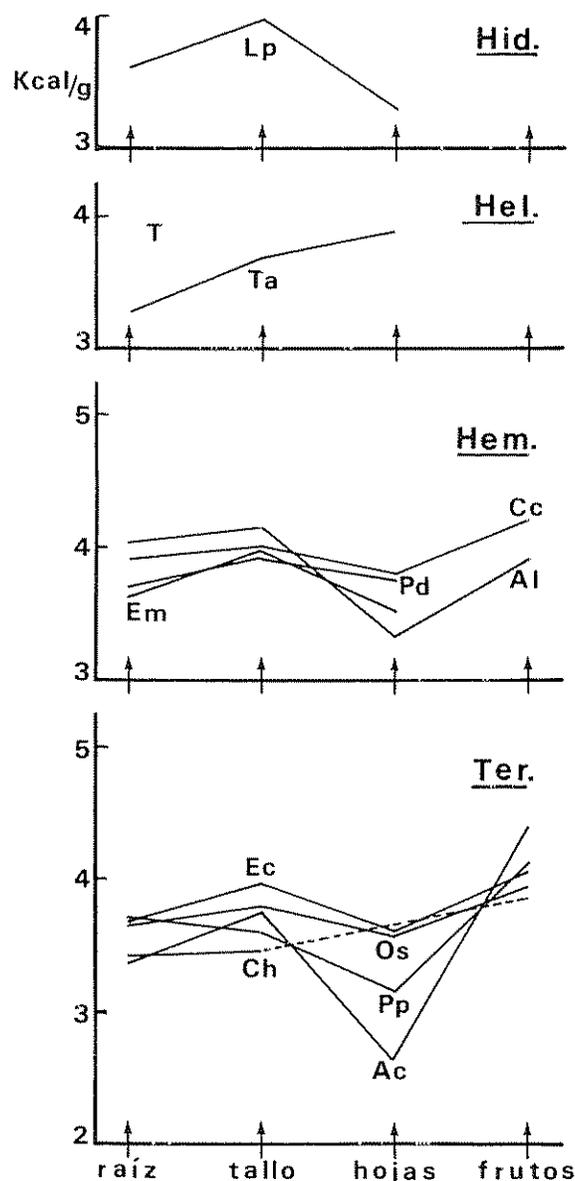


Fig. 5. Valor calórico en kilos de calorías por gramo de peso seco de los órganos de plantas de arrozales de Chile Central, agrupadas por formas de vida (véanse abreviaturas en Fig. 3).

La fibra cruda acusó valores altos en todas las plantas, con un promedio del 24.52% y sin grandes oscilaciones. El grupo con mayor cantidad de fibra cruda fue el de los terófitos (25.64%), y el con menor cantidad, el de los criptófitos (22.29%), ocupando los hemicriptófitos la posición intermedia (24.23%). El valor más alto recayó en *E. crusgalli* y el menor, en *L. peplodes*. Esto último está de acuerdo con el carácter de hidrófito natante de esta especie.

Cuadro 4. Composición química (%) de la materia orgánica de las especies investigadas.

Forma de vida y especie	Proteína cruda	Extracto etéreo	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
Terófitos:				
<i>P. persicaria</i>	6.66	0.87	23.12	54.40
<i>C. haspan</i>	5.06	0.98	24.46	48.52
<i>A. coccinea</i>	5.16	1.20	25.31	48.52
<i>O. sativa</i>	4.75	1.25	24.50	56.86
<i>E. crusgalli</i>	3.44	1.40	30.81	52.80
Hemicriptófitos:				
<i>E. macrostachya</i>	5.53	1.25	23.28	56.23
<i>A. lanceolatum</i>	9.56	1.26	23.28	50.21
<i>C. canescens</i>	5.90	0.49	22.62	59.47
<i>P. distichum</i>	4.54	0.99	27.75	55.43
Helófito:				
<i>T. angustifolia</i>	4.60	0.95	23.68	53.45
Hidrófito:				
<i>L. peplodes</i>	7.01	1.02	20.91	55.30

El extracto no nitrogenado representó el mayor porcentaje de la materia orgánica en todas las plantas investigadas, alcanzando su promedio a 53.74%, con un valor máximo del 59.47% en *C. canescens* y, uno mínimo, de 48.52%, en *C. haspan* y *A. coccinea*. En este caso, los mayores valores se presentaron en los hemicriptófitos (55.33%) y los menores, en los terófitos (52.22%). El de los criptófitos estuvo más cerca del valor superior. El extracto no nitrogenado del arroz (56.85%) superó al de *E. crusgalli* (52.8%).

Composición química por órganos

Los contenidos promedios descritos presentaron grandes variaciones en los diferentes órganos de las plantas. En los terófitos, el contenido en proteína bajó de la raíz al tallo, y, luego, volvió a subir en las hojas, alcanzando el máximo valor en los frutos (Fig. 6). En los hemicriptófitos sólo dos especies presentaron un comportamiento similar al descrito, y en las otras el valor más alto se presentó en el tallo. Las curvas de *T. angustifolia* y de *L. peplodes* presentaron un recorrido similar al de los terófitos.

El contenido en lípidos (extracto etéreo) tuvo un comportamiento bastante errático en las distintas especies y formas de vida (Fig. 7). Los mayores valores se presentaron en el tallo de *C. haspan*, en las hojas de arroz y de *A. coccinea*, y en los frutos de *E. crusgalli* y de *P. persicaria*. En los hemicriptófitos, la raíz

presentó siempre el valor más bajo, y los otros órganos, los más altos.

Las curvas de los contenidos de fibra cruda en los distintos órganos, presentan recorridos similares según forma de vida. Así en los terófitos, los mayores valores se presentaron en el tallo, y los menores, en las hojas o en los frutos (Fig. 8). En los hemicriptófitos, los valores más pequeños aparecieron en las hojas y los más altos, en las raíces, hojas y frutos. Un comportamiento parecido presentó el helófito *T. angustifolia*; mientras que la curva de *L. peplodes* coincidió mejor con la de los terófitos.

Los contenidos en hidratos de carbono (extracto no nitrogenado) fueron más altos en los frutos de los terófitos, y en el tallo de los hemicriptófitos (Fig. 9). Esto está de acuerdo con la necesidad de almacenar reservas en las semillas en el primer caso, y en órganos caulinares, en el segundo. El cuerpo vegetativo de los terófitos desaparece junto con el arroz, mientras que en las otras formas de vida, durante la época de rezago del terreno, permanece en el suelo de los paños y pretiles.

Comparación entre órganos

En las plantas de los arrozales, las hojas y las raíces muestran los más bajos porcentajes de materia orgánica, mientras que el tallo y los frutos los más altos (Cuadro 5). La ceniza tiene un comportamiento inverso, con los mayores valores en las hojas y raíces, y los

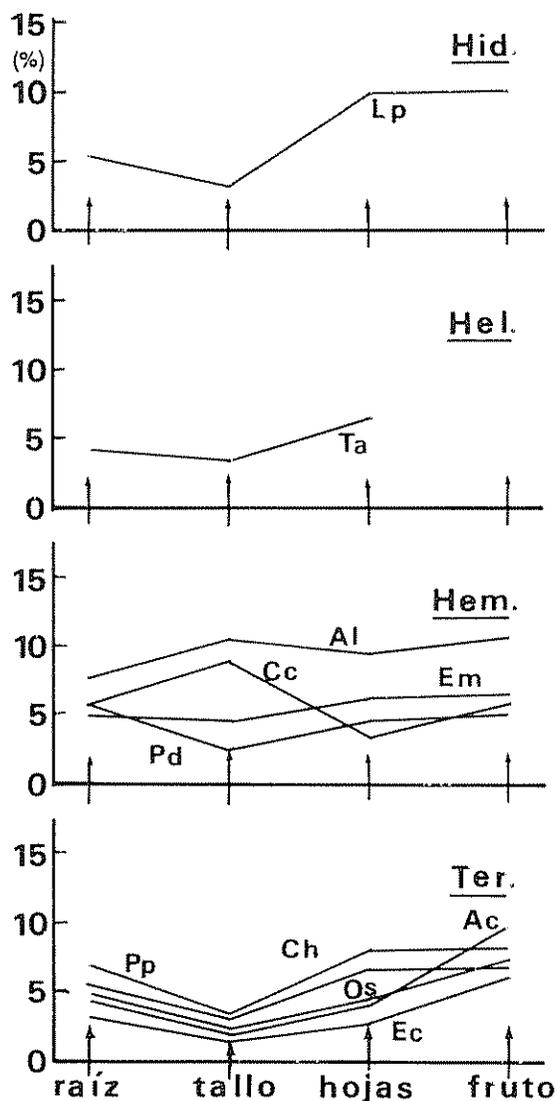


Fig. 6. Variación del porcentaje de proteína cruda en los órganos de las plantas estudiadas, agrupadas por formas de vida (véanse abreviaturas en Fig. 3)

menores, en el tallo y los frutos. Los mayores valores calóricos medidos corresponden a los frutos, seguidos por el tallo y la raíz. El menor contenido energético se presentó en las hojas.

La proteína cruda fue alta en los frutos y baja en los tallos; raíces y hojas presentaron valores intermedios. La fibra cruda exhibió poca variación entre los distintos órganos, oscilando entre un 27.23% como valor más alto, en el tallo, y un 24.15% como valor más bajo, en las hojas. El extracto etéreo presentó, en general, valores muy bajos, pero siempre mayores en hojas y frutos.

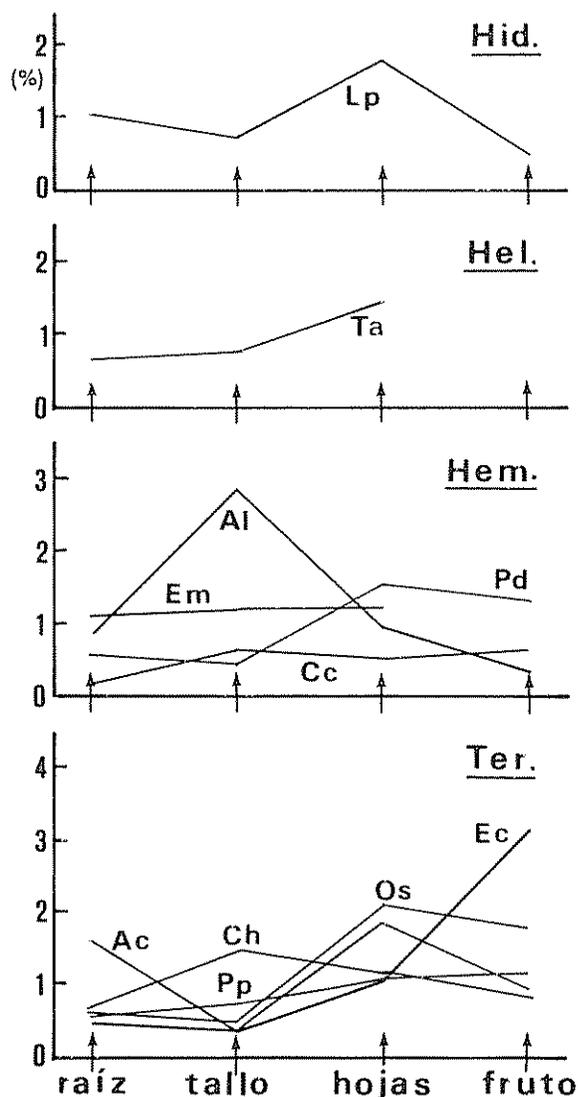


Fig. 7. Variación del porcentaje del extracto etéreo en los órganos de las plantas estudiadas, agrupadas por formas de vida (véanse abreviaturas en Fig. 3)

El extracto no nitrogenado tuvo su mayor valor en los tallos (incluyendo rizomas reservantes) y en los frutos. Las hojas presentaron el menor contenido en hidratos de carbono, lo que está de acuerdo con la época de cosecha, realizada cuando los productos de reserva se depositan en los rizomas y semillas, que son órganos perdurantes, con yemas de renuevo. En el tallo se incluyeron aquellos aéreos normales, rizomas subterráneos y escapos florales, cuyos contenidos químicos y, por ende, energéticos, son muy variables, como lo muestra el Cuadro 6. Aunque el porcentaje de materia orgánica no presentó mucha variación, fue superior en los rizomas. El contenido de ceniza fue alto

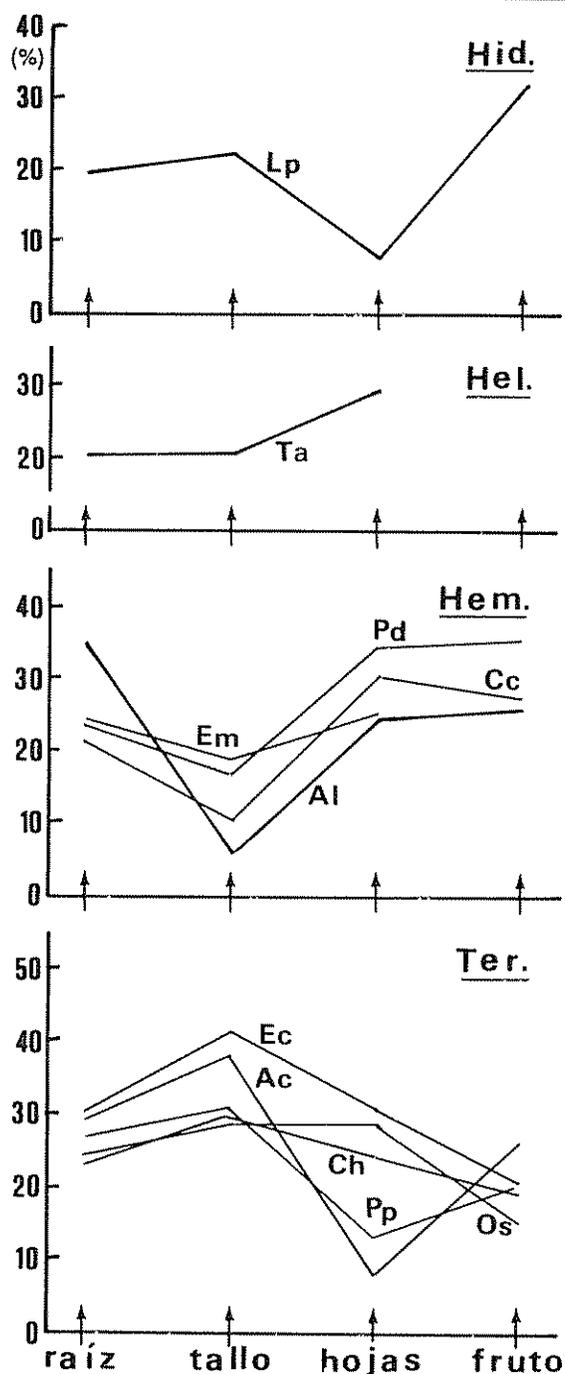


Fig. 8 Variación del porcentaje de la fibra cruda en los órganos de las plantas estudiadas, agrupadas por formas de vida (véanse abreviaturas en Fig. 3).

en los tallos normales y muy bajo en los rizomas. El contenido energético fue superior en los escapos, aunque este valor sólo se obtuvo de *A. anceolatum*. Los rizomas presentaron un valor cercano, y los tallos normales valores más bajos.

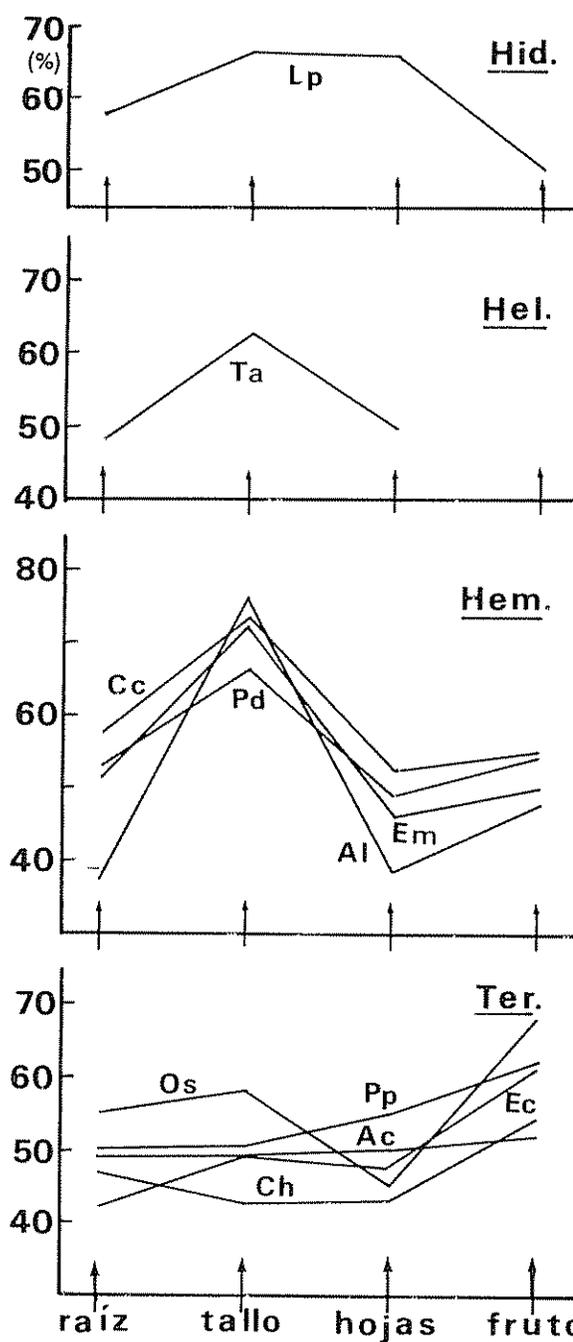


Fig. 9 Variación del porcentaje de extracto no nitrogenado en los órganos de las plantas estudiadas, agrupadas por formas de vida (véanse abreviaturas en la Fig. 3).

La proteína cruda fue alta en los rizomas y más baja en los otros tipos de tallos. La fibra cruda presentó grandes variaciones, alcanzando su valor más alto en los escapos y el más bajo en los rizomas. Los tallos normales ocupan una posición intermedia, pero

Cuadro 5. Composición química (%) y valor calórico (cal/g) de los diferentes órganos en las plantas de arrozales de Chile Central.

Variable/Organo	Raíz	(n=11)	Tallo	(n=15)	Hojas	(n=11)	Frutos	(n=9)
Materia orgánica	81.78±	3.67	89.56±	4.78	79.21±	7.74	89.59±	3.83
Ceniza total	18.21±	3.67	10.64±	4.78	20.78±	7.74	10.46±	3.83
Valor calórico	3 635.45±	204.99	3 830.55±	198.08	3 416.00±	335.72	4 052.50±	177.32
Proteína cruda	5.35±	1.18	4.22±	2.44	5.73±	2.35	7.72±	1.84
Fibra cruda	25.68±	4.48	27.23±	11.57	24.15±	9.09	24.78±	6.05
Extracto etéreo	0.77±	0.37	0.89±	0.60	1.41±	0.43	1.14±	0.83
Extracto no nitrogenado	49.97±	5.83	56.97±	12.18	47.90±	4.32	55.82±	6.71

Nota: Se agrega la desviación estándar.

Cuadro 6. Composición química (%) y valor calórico (cal/g) de los diferentes tipos de tallos presentes en las plantas de arrozales de Chile Central.

Variable/Organo	Rizoma	(n=4)	Tallo	(n=10)	Escapo (n=1)
Materia orgánica	92.08±	3.14	88.12±	4.76	90.85
Ceniza total	7.91±	3.14	11.88±	4.76	9.15
Valor calórico	3 942.50±	169.00	3 756.00±	179.44	4 045.16
Proteína cruda	6.87±	2.85	3.11±	1.28	4.75
Fibra cruda	14.22±	6.26	29.80±	6.45	53.55
Extracto etéreo	1.37±	0.88	0.71±	0.34	0.85
Extracto no nitrogenado	69.62±	5.66	54.44±	8.70	31.70

Nota: Se agrega desviación estándar.

siempre con un valor alto. El extracto etéreo fue en general muy bajo y su representatividad más alta apareció en los rizomas. El extracto no nitrogenado tuvo grandes variaciones, con un valor muy alto en los rizomas y otro muy bajo en los escapos florales, ocupando los tallos normales la posición intermedia.

DISCUSION

Los terófitos, es decir las plantas anuales, dominaron en cobertura y biomasa en el cultivo de arroz. Esto era de esperar, porque en esta forma de vida se incluye la planta cultivada, y porque las malezas anuales adaptan fácilmente sus fenofases al laboreo del cultivo y al ciclo de vida del arroz (29). La cobertura y biomasa de las malezas superaron las del arroz, lo cual indica que consumen más de la mitad del potencial productivo del suelo, y pone de relieve la importancia de un adecuado control de ellas en los arrozales de Chile Central, como lo plantearon San Martín y Ramírez (28).

Los contenidos en materia orgánica y ceniza fueron muy semejantes en todas las especies. La ceniza presentó valores altos en comparación con las plantas terrestres leñosas, lo que corresponde a lo planteado en la literatura (25, 34). Se encontró que las especies más

dependientes del agua tenían mayores contenidos de ceniza que aquéllas con carácter terrestre.

El valor calórico promedio de todas las especies investigadas alcanzó a 3720 cal/g, bastante superior a los presentados por hidrófitos y helófitos de zonas templadas (34). Además del clima mediterráneo, que puede inducir este valor más alto, en el cultivo estudiado dominan hemicriptófitos y terófitos, que no son plantas hidrófilas estrictas (24), y, como lo demostraron San Martín y Ramírez (28), ellas colonizan preferentemente los pretilos y no las superficies inundadas.

El valor calórico promedio más alto correspondió a los hemicriptófitos, hierbas perennes que crecen, preferentemente, en los perfiles. Estas hierbas tienen un ciclo de vida más largo y necesitan acumular mayor cantidad de energía, sobre todo cuando se ven sometidas al brusco cambio de su hábitat por la denudación del suelo en cada temporada. El menor valor calórico promedio de los terófitos indica que están mejor adaptados a las condiciones del cultivo. Las especies más eficientes resultaron ser el arroz y *E. crusgalli*, incluso esta última supera a la planta cultivada. Los valores calóricos más bajos los presentaron *A. coccinea* y *T. angustifolia*. La primera es un neófito de vida muy corta y de reciente introducción al país, y la segunda,

una planta de vida larga que requiere una mayor estabilidad del hábitat y un bajo nivel de anegamiento para completar su ciclo de vida (23). Esta especie sólo prosperó en forma vegetativa en el cultivo, sin llegar a florecer (29).

Dada la gran productividad y eficiencia de *E. crusgalli*, sería interesante buscar una aplicación práctica para esta maleza, como se ha hecho en otros lugares para otras plantas (2, 8, 14). Podría ser útil en la fabricación de alimentos concentrados para animales, ya que los grandes problemas para el uso de las plantas acuáticas como forraje, como son los altos contenidos en agua y ceniza, parecen no tener mayor relevancia en *E. crusgalli*, que casi se comporta como una planta terrestre. De hecho crece mejor cuando baja el nivel del agua en los paños (29). El uso de *E. crusgalli* como alimento para animales está respaldado por las observaciones de Drouilly *et al.* (9), quienes demostraron que los patos silvestres consumen arroz y esta maleza en grandes cantidades, durante los primeros meses del cultivo.

Los valores de proteína encontrados son menores que los indicados en la literatura para plantas acuáticas (7, 21). En todo caso, los valores de la literatura incluyen plantas acuáticas sumergidas y flotantes libres, que en los arrozales de Chile Central no tienen mayor importancia. Los bajos valores proteínicos pueden también tener su explicación en el alto contenido de cenizas, como lo demostraron Jabbar *et al.* (15).

Los terófitos presentaron los mayores valores calóricos en los frutos. Como el cuerpo vegetativo de estas plantas muere anualmente, la mayoría de los productos de la fotosíntesis se destinan a la formación de semillas y frutos, para asegurar la permanencia de la especie en el arrozal. Algunas incluso producen dos fructificaciones, antes de que se coseche el arroz (29). Los hemicriptófitos investigados, a pesar de ser plantas perennes, muestran una tendencia semejante a la de los terófitos, desviando sus esfuerzos hacia la formación de semillas. Este comportamiento no es normal para una hierba perenne y, seguramente, refleja cierto grado de adaptación a la poca duración del cultivo y al laboreo del suelo, que dificulta la supervivencia del cuerpo vegetativo.

Con excepción de *T. angustifolia*, todas las otras malezas estudiadas tienden a tener un mayor valor calórico en los frutos y semillas. El rizoma de *T. angustifolia* presentó un alto valor energético, y como esta planta invirtió sus fotosintatos en ello, no alcanzó a formar frutos en el período de cultivo del arroz. Esto podría indicar condiciones poco favorables para esta planta en el cultivo estudiado (3).

Los contenidos de ceniza fueron siempre altos en las raíces, lo cual es un comportamiento común en las especies palustres y acuáticas. Altos contenidos de ceniza en raíces y hojas de plantas acuáticas han sido expuestas por Barrera (1) y planteados como una desventaja para el aprovechamiento de ellas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos de América (21). Esto se debe a que la absorción de minerales es más eficiente en el agua que en el suelo, donde hay fijación de ellos (30).

El alto contenido energético de los frutos corresponde a la época del año en que se recolectó el material. En efecto, el valor calórico de los órganos reproductivos aumenta hacia el verano y es máximo en otoño (5, 6), mientras que en las hojas este punto máximo se presenta en primavera. La composición química y los valores calóricos de las plantas varían con la época de recolección, el lugar, la edad de la planta, el clima y las condiciones nutricias del medio (10). Todos estos factores eran similares para las especies trabajadas y, por lo tanto, los resultados encontrados reflejan el grado de adaptación y de eficiencia ecológica de cada una de ellas en el cultivo (4).

Los mayores valores calóricos de las semillas y los menores de las hojas, corresponden a los citados en la literatura para plantas terrestres (13). Sin embargo, a nivel de tallos y raíces existe una discrepancia, ya que en las plantas acuáticas y palustres estudiadas, el mayor valor calórico se presentó en el tallo y no en las raíces. Seguramente este resultado se debe a que, generalmente, los valores calóricos citados en la literatura no incluyen la ceniza, que sí se tomó en cuenta en este trabajo. Steubing *et al.* (34) sostienen que un alto contenido en ceniza reduce el valor calórico; eso es lo

Cuadro 7. Valores calóricos promedios (cal/g) de las especies investigadas, incluyendo y excluyendo el contenido en ceniza.

Especie	Con ceniza	Sin ceniza	Diferencia
<i>P. persicaria</i>	3 655	4 318	663
<i>C. haspan</i>	3 596	4 550	954
<i>A. coccinea</i>	3 562	4 441	879
<i>O. sativa</i>	3 727	4 266	539
<i>E. crusgalli</i>	3 790	4 285	495
<i>E. macrostachya</i>	3 700	4 286	586
<i>A. lanceolatum</i>	3 862	4 580	718
<i>P. distichum</i>	3 806	4 290	484
<i>T. angustifolia</i>	3 613	4 370	757
<i>L. peploides</i>	3 636	4 316	680
Promedio	3 720.81	4 382.00	661.18

que sucede en los vegetales acuáticos, donde el porcentaje de ceniza es muy alto, precisamente en las raíces (25). Por otro lado, las plantas anuales, que dominan entre las trabajadas, tienen un valor calórico menor que las perennes, pero producen mayor biomasa en el mismo período de tiempo (33).

El Cuadro 7 muestra que al considerar sólo la materia orgánica, excluyendo la ceniza, los valores calóricos de todas las plantas se elevan en un promedio de 661 cal/g, con un mínimo de 484 cal/g y un máximo de 954 cal por gramo. De manera que todos los valores calóricos se sitúan ahora sobre 4000 cal/g, demostrando que, al considerar la ceniza, se reducen las diferencias en los contenidos energéticos entre especies y formas de vida (34). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que aunque para el cálculo no se considere la ceniza, ella estará siempre presente en el material vegetal, dificultando su aprovechamiento como alimento para el ganado (22).

LITERATURA CITADA

1. BARRERA, J. 1986. Autoecología de *Aponogeton distachyon* L. f. (Aponogetonaceae, Liliatae) en la laguna de Santo Domingo (Valdivia, Chile). Tesis Valdivia, Universidad Austral de Chile, Escuela de Biología y Química. 116 p.
2. BATES, R.; HENIGES, J. 1976. Aquatic weeds: Eradicate or cultivate? *Economic Botany* 30(1):39-50.
3. BLISS, L. C. 1962. Caloric and lipid content in Alpine tundra plants. *Ecology* 43:753-757.
4. BOYD, C. E. 1970. Amino acid, protein and caloric content of vascular aquatic macrophytes. *Ecology* 52:902-906.
5. BRZOSKA, W. 1971. Energiegehalte verschiedener Organe von nivalen Sprosspflanzen in Laufe einer Vegetationsperiode. *Photosynthetica* 5(3):183-189.
6. BRZOSKA, W. 1973. Stoffproduktion und Energiehaushalt von Nivalpflanzen. *Oekosystemforschung* 1:225-233.
7. CUMMINS, K. W.; WUYCHECK, J. C. 1971. Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 18:1-153.
8. DATTA, S. C.; BANERJEE, A. K. 1978. Useful weeds of west Bengal rice fields. *Economic Botany* 32:297-310.
9. DROUILLY, P.; MONTECINOS, R.; MUÑOZ, C. 1979. Acción depredadora de aves silvestres en cultivos de arroz de la provincia de Talca. Santiago, Museo Nacional de Historia Natural. v. 28. p. 3-11.
10. DYKYOVA, D.; PRIBIL, S. 1975. Energy content in the biomass of emergent macrophytes and their ecological efficiency. *Arch. Hydrobiol.* 75(1):90-108.
11. ELLENBERG, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. 1966. A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. Berlin, Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel Zürich. v. 37. p. 56-73.
12. FINOT, L.; BRAVO, J. 1985. Clave para identificar las malezas gramíneas (Poaceae) de la provincia de Ñuble (Chile). *Agro-Ciencia* 1(2):161-170.
13. GOLLEY, F. B. 1961. Energy values of ecological materials. *Ecology* 42:581-584.
14. GOPAL, B.; SHARMA, K. P. 1979. Aquatic weed control versus utilisation. *Economic Botany* 33(3):340-346.
15. JABBAR, A.; SLINGER, S. J.; BURTON, H. 1978. Chemical composition of aquatic macrophytes. I. Investigation of organic constituents and nutritional potential. *Canadian Journal of Plant Science* 58:829-841.
16. KNAPP, R. 1984. Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. La Haya, W. Junk Pub. 370 p.
17. LIETH, H.; PFLANZ, B. 1968. The measurement of caloric values of biological material and the determination of ecological efficiency. UNESCO, Nat. Resource Symp. Ser. v. 5. p. 233-242.
18. LONG, F. L. 1934. Application of calorimetric methods of ecological research. *Plant Physiology* 9:323-337.
19. MARTICORENA, C.; QUEZADA, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42(1-2):5-157.
20. MATTHEI, O. 1963. Manual ilustrado de las malezas de la provincia de Ñuble. Tesis. Chillán, Escuela de Agronomía, Universidad de Concepción. 115 p.
21. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1976. Making aquatic weeds useful: Some perspectives for developing countries. Washington. 174 p.
22. RAMIREZ, C.; BECK, S. 1981. Makrophytische Vegetation und Flora in Gewässern der Umgebung von La Paz, Bolivien. *Archiv für Hydrobiologie* 91(1):82-100.
23. RAMIREZ, C.; STEGMAIER, E. 1982. Formas de vida en hidrófitos chilenos. *Medio Ambiente* 6(1):43-54.
24. RAMIREZ, C.; SAN MARTIN, J. 1984. Hydrophilous vegetation of a coastal lagoon in Central Chile. *International Journal Ecol. Environ. Science* 10:93-110.
25. RAMIREZ, C.; STEUBING, L. 1984. Composición química y aptitud forrajera de plantas acuáticas valdivianas. *Arch. Med. Vet. No. Ext.* 4:137.
26. RUNGE, M. 1973. Energieumsätze in den Biozöosen terrestrischer Ökosysteme. *Scripta Geobotanica* 4:1-77.
27. SAN MARTIN, J. 1983. Influencias recíprocas entre malezas y arroz en cultivos de Chile Central. Tesis. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Escuela de Graduados. 181 p.
28. SAN MARTIN, J.; RAMIREZ, C. 1983. Flora de malezas en arrozales de Chile Central. *Ciencia e Investigación Agraria* 10(3):207-222.

29. SAN MARTIN, J.; CONTRERAS, D.; RAMIREZ, C. 1988. Estudios fenológicos en malezas de arrozales de Chile Central. *Turrialba* 38(1):23-30.
30. SCHWABE, G. H. 1968. Das Binnengewässer als Glied der Landschaft. *Natur und Landschaft* 43(7):160-166.
31. SIMS, G.; ALVARADO, R. 1972. Manual del arroz. Instituto Agropecuario de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), División Técnica. Boletín Técnico no. 54.
32. STEUBING, L. 1965. Pflanzenökologisches Praktikum. Hamburg, Paul Parey. 262 p.
33. STEUBING, L.; RAMIREZ, C.; ALBERDI, M. 1979. Artenzusammensetzung, Lichtgenuss und Energiegehalt der Krautschicht des valdivianischen Regenwaldes bei St. Martín. *Vegetatio* 39:25-33.
34. STEUBING, L.; RAMIREZ, C.; ALBERDI, M. 1980. Energy content of water- and bog-plant associations in the region of Valdivia (Chile). *Vegetatio* 43:153-161.
35. STEUBING, L.; SCHWANTES, H.O. 1987. Oekologische Botanik. Heidelberg, Quelle & Meyer. 408 p.