



Universidad Austral de Chile

**Facultad de Ciencias
Escuela de Química y Farmacia**

Profesora Patrocinante:

Cristina San Martín P.
Instituto de Botánica
Facultad de Ciencias

“Potencial Nutritivo de *Juncus procerus* E. Mey (Junquillo Chileno) en la Dieta Humana”

Tesis de grado presentada como
parte de los requisitos para optar
al Título de Químico Farmacéutico

JOAQUÍN ALBERTO ALVARADO AMPUERO

VALDIVIA – CHILE

2007

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo a todas las personas que me apoyaron y acompañaron durante mi estadía universitaria y en la realización de esta tesis.

A mi profesora patrocinante, Sra. Cristina San Martín, por su alegría, confianza, apoyo, excelente disposición y enseñanzas.

A los profesores María Adela Martínez y Erwin Carrasco por su confianza y enseñanzas.

A la Sra. Griselda Iturra del Laboratorio Central de Botánica, por su buena voluntad.

A Joel Pardo del Laboratorio de Farmacia, por su ayuda desinteresada y amistad durante estos años como estudiante universitario.

Al Sr. Ricardo Silva del Instituto de Histología, por su buena disposición y enseñanzas.

A los profesores del Instituto de Farmacia, quienes me entregaron todas las herramientas necesarias para ser un profesional de bien en el futuro.

A mis amados padres Joaquín e Inés, por su esfuerzo, apoyo y confianza. Gracias por ser como son, por su amistad y por hacer de mí una persona de bien.

A mi hermana Carolina y primo Alejandro, por su sincera amistad y apoyo, sin duda, mis mejores amigos.

A la Vero, por su invalorable amistad, apoyo y compañía durante mi estadía en Valdivia. Gracias por ser mi pilar y por los innumerables buenos momentos que pasamos.

A todos mis amigos, tanto en Valdivia como en Punta Arenas, por darme su alegría, apoyo e inolvidables momentos.

A mis compañeros de curso, muchos de ellos amigos, por los momentos de estudio, afecto, apoyo y esparcimiento.

A todos ellos, que Dios los llene de bendiciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Pág.

1. RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1. Los hidratos de carbono en la nutrición humana.....	6
3.2. Almidón.....	8
3.3. Almidón en la dieta humana.....	11
3.4. Fibra dietética	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1. MATERIAL	13
4.1.1. <i>Juncus procerus</i> E. Mey (“junquillo chileno”, “unquillo”).....	13
4.1.2. Lugar de trabajo.....	16
4.2. MÉTODOS.....	18
4.2.1. De análisis en terreno.....	18
4.2.1.1. Descripción de la comunidad (asociación vegetal).....	18
4.2.2. De análisis en laboratorio.....	19
4.2.2.1. Descripción morfológica de <i>Juncus procerus</i>	19
4.2.2.2. Biomasa.....	19
4.2.2.3. Contenido hídrico.....	20
4.2.2.4. Producción de semillas.....	20

4.2.2.5. Análisis químico proximal de semillas y rizomas.....	21
4.2.2.5.1. Contenido hídrico.....	21
4.2.2.5.2. Valor energético.....	22
4.2.2.5.3. Proteínas totales.....	22
4.2.2.5.4. Extracto etéreo (EE).....	23
4.2.2.5.5. Extracto no nitrogenado (ENN).....	23
4.2.2.5.6. Ceniza.....	24
4.2.2.5.7. Materia orgánica.....	24
4.2.2.5.8. Fibra cruda.....	24
4.2.2.5.9. Fibra dietética.....	24
4.2.2.6. Contenido de almidón.....	25
4.2.2.7. Producción de almidón.....	26
4.2.2.8. Caracterización morfológica de los gránulos de almidón.....	27
4.2.2.8.1. Microscopía óptica.....	27
4.2.2.8.2. Microscopía electrónica de barrido (MEB).....	27
4.2.2.8.3. Clasificación tipológica del gránulo de almidón.....	28
4.2.3. De análisis estadístico.....	28
5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	29
5.1. Descripción de la comunidad (<i>Juncetum procerii</i>).....	29
5.2. Descripción morfológica de <i>Juncus procerus</i>	32
5.2.1. Culmos	36
5.2.2. Raíz	36
5.2.3. Hoja.....	36

5.2.4. Rizoma.....	37
5.2.5. Infrutescencia.....	37
5.2.6. Flor	38
5.2.7. Fruto.....	38
5.2.8. Semilla.....	39
5.3. Biomasa.....	39
5.4. Contenido hídrico	41
5.5. Producción de semillas.....	44
5.6. Análisis proximal de semillas y rizomas.....	45
5.6.1. Contenido hídrico.....	45
5.6.2. Valor energético.....	50
5.6.3. Proteínas totales.....	52
5.6.4. Extracto etéreo (EE).....	54
5.6.5. Extracto no nitrogenado (ENN).....	56
5.6.6. Ceniza.....	57
5.6.7. Fibra cruda.....	59
5.6.8. Fibra dietética.....	61
5.7. Contenido de almidón.....	63
5.8. Producción de almidón.....	66
5.9. Caracterización morfológica de los gránulos de almidón.....	67
5.9.1. Microscopía óptica	67
5.9.2. Microscopía electrónica de barrido (MEB).....	69
5.9.3. Clasificación tipológica del gránulo de almidón.....	76

6. CONCLUSIONES.....	77
7. BIBLIOGRAFÍA.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 1. Estructura química de amilosa (a) y amilopectina (b).....	9
Figura 2. Estructura del gránulo de almidón: a) esquema del gránulo entero; b) capas semi-cristalinas constituidas por apilamiento de láminas amorfas y cristalinas; c) modelo bioquímico de la relación entre las láminas cristalinas y amorfas	10
Figura 3. Área de estudio: a) lugar de muestreo; b) vista general de la pradera estudiada....	17
Figura 4. <i>Juncus procerus</i> : a) hábito de crecimiento; b) detalle de los órganos subterráneos	33
Figura 5. <i>Juncus procerus</i> : a) trozos de rizoma; b) infrutescencia.....	34
Figura 6. <i>Juncus procerus</i> : a) fruto; b) semillas.....	35
Figura 7. Microfotografía óptica de los gránulos de almidón de <i>Juncus procerus</i> (100X): a) semilla; b) rizoma.....	68
Figura 8. Microfotografías electrónicas de barrido del rizoma de <i>Juncus procerus</i> (corte transversal en diferentes acercamientos).....	71
Figura 9. Microfotografías electrónicas de barrido del rizoma de <i>Juncus procerus</i> (corte longitudinal en diferentes acercamientos)	72
Figura 10. Microfotografía de gránulos de almidón de <i>Juncus procerus</i> tomada en el microscopio electrónico de barrido	73
Figura 11. Microfotografías de gránulos de almidón tomada en el microscopio electrónico de barrido en diferentes alimentos	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS	Pág.
Gráfico 1. Curva de calibración para la determinación de proteínas totales.....	23
Gráfico 2. Curva de calibración para la determinación de almidón.....	26
Gráfico 3. Biomasa (%) en <i>Juncus procerus</i>	40
Gráfico 4. Biomasa (%) de los diferentes órganos de <i>Juncus procerus</i>	41
Gráfico 5. Contenido hídrico (%) de <i>Juncus procerus</i>	42
Gráfico 6. Contenido hídrico (%) de los diferentes órganos en <i>Juncus procerus</i>	43
Gráfico 7. Contenido hídrico (%) de semillas y rizomas en <i>Juncus procerus</i>	46
Gráfico 8. Contenido hídrico (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	47
Gráfico 9. Contenido hídrico (%) en rizoma de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias	48
Gráfico 10. Aporte energético (Kcal/100 g) en <i>Juncus procerus</i>	50
Gráfico 11. Aporte energético (Kcal/100 g) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	51
Gráfico 12. Aporte energético (Kcal/100 g) en órganos subterráneos.....	51
Gráfico 13. Contenido de proteínas (%) en <i>Juncus procerus</i>	52
Gráfico 14. Contenido de proteínas (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	53
Gráfico 15. Contenido de proteínas (%) en órganos subterráneos.....	53
Gráfico 16. Extracto etéreo en (%) <i>Juncus procerus</i>	54
Gráfico 17. Extracto etéreo (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias..	55
Gráfico 18. Extracto etéreo (%) en órganos subterráneos.....	55

Gráfico 19. Extracto no nitrogenado (%) en <i>Juncus procerus</i>	56
Gráfico 20. Extracto no nitrogenado (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	57
Gráfico 21. Extracto no nitrogenado (%) en órganos subterráneos.....	57
Gráfico 22. Contenido de ceniza (%) en <i>Juncus procerus</i>	58
Gráfico 23. Contenido de ceniza (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	58
Gráfico 24. Contenido de ceniza (%) en órganos subterráneos.....	59
Gráfico 25. Contenido de fibra cruda (%) en <i>Juncus procerus</i>	60
Gráfico 26. Contenido de fibra cruda (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	60
Gráfico 27. Contenido de fibra cruda (%) en órganos subterráneos.....	60
Gráfico 28. Contenido de almidón (%) en <i>Juncus procerus</i>	64
Gráfico 29. Contenido de almidón (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias	64
Gráfico 30. Contenido de almidón (%) en órganos subterráneos.....	65
Gráfico 31. Producción de almidón (%) en <i>Juncus procerus</i>	66

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Valores utilizados en la curva de calibración para la cuantificación de proteínas totales	22
Tabla 2. Valores utilizados en la curva de calibración para la determinación de almidón.....	26
Tabla 3. Composición florística de la Pradera de junquillo (<i>Juncetum procerii</i>).....	31
Tabla 4. Morfometría (cm) del cormo de <i>Juncus procerus</i>	32
Tabla 5. Morfometría (cm) de las estructuras de reproducción vegetativa y sexual de <i>Juncus Procerus</i>	32
Tabla 6. Biomasa (g/m ²) de <i>Juncus procerus</i>	39
Tabla 7. Contenido hídrico (%) de cada órgano en <i>Juncus procerus</i>	41
Tabla 8. Productividad de propágulos sexuales (m ²) de <i>Juncus procerus</i>	44
Tabla 9. Composición química proximal (g/100 g materia fresca) y contenido energético (kcal/100 g) de semillas y rizomas de <i>Juncus procerus</i>	45
Tabla 10. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia fresca) y contenido energético (Kcal/100 g) en granos de diferentes fuentes de almidón.....	45
Tabla 11. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia fresca) y contenido energético (Kcal/100 g) en alimentos ricos en almidón provenientes de órganos subterráneos.....	46
Tabla 12. Composición química proximal (g/100 g materia seca) y contenido energético (Kcal/100 g) de semillas y rizomas de <i>Juncus procerus</i>	48

Tabla 13. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia seca) y contenido energético (Kcal/100 g) en granos de diferentes fuentes de almidón.....	49
Tabla 14. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia seca) y contenido energético (Kcal/100 g) en alimentos ricos en almidón provenientes de órganos subterráneos.....	49
Tabla 15. Contenido de fibra dietética (%) en <i>Juncus procerus</i>	61
Tabla 16. Contenido de fibra dietética (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	61
Tabla 17. Contenido de fibra dietética (%) en órganos subterráneos.....	62
Tabla 18. Contenido de almidón (%) en <i>Juncus procerus</i>	63
Tabla 19. Contenido de almidón (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias.....	63
Tabla 20. Contenido de almidón (%) en órganos subterráneos.....	63
Tabla 21. Producción de almidón (g/m ²) en <i>Juncus procerus</i>	66
Tabla 22. Tamaño de los gránulos de almidón (µm) de las fuentes de interés.....	76

1. RESUMEN

Juncus procerus E. Mey (“junquillo chileno”) es una planta nativa y palustre muy abundante en praderas húmedas del centro y sur de Chile. Estas praderas se ubican en depresiones anegadas, que presentan deficiencias de drenaje, reemplazando al primitivo bosque pantanoso de Temo-Pitra. Órganos de esta especie vegetal estaban presentes en restos arqueológicos de Monte Verde, en las cercanías del Aeropuerto El Tepual, en la provincia de Llanquihue, Chile. Estos restos, de una antigüedad aproximada de 14.000 años, sugieren en el contexto de su hallazgo, un uso alimenticio por parte de los primitivos habitantes del lugar. Por ello, se estudió el potencial nutritivo de esta planta para ser incorporado eventualmente a la dieta del ser humano, poniendo énfasis en los hidratos de carbono de reserva. Se investigaron las condiciones de vida de la planta, su asociación con otras especies y su morfología, para identificar aquellos órganos de reserva que podrían tener un uso alimenticio. De éstos últimos, se seleccionaron rizomas y semillas, a los que se les realizó un análisis químico proximal, determinación de su contenido energético y un estudio morfológico de los gránulos de almidón.

Se comprobó una alta productividad de la especie, lo que le da una posible permanencia anual en la dieta. En general, las semillas presentaron mayores valores en el análisis proximal que los rizomas y un valor energético semejante, aunque mayor en las semillas. Estos resultados se aproximan a la mayoría de las fuentes vegetales de almidón usadas actualmente. La morfología de los gránulos de almidón del “junquillo chileno” resultó ser muy específica, lo que permitiría su identificación en los alimentos. Los gránulos del rizoma y de las semillas, no presentaron diferencias morfológicas. El estudio demostró que *Juncus procerus* podría presentar utilidad alimenticia para el ser humano, quedando abierta la necesidad de futuras investigaciones que permitan ratificar esta posibilidad y sirvan de aproximación a una futura incorporación a la dieta.

SUMMARY

Juncus procerus E. Mey (“junquillo chileno”) is a very abundant native and marshy plant in humid meadows of south-central, Chile. These meadows are located in flooded depressions, which present deficient drainage and replacing to Temo-Pitra's primitive swampy forest. Organs of this vegetable species were present in Monte Verde's archaeological remains, in the surroundings of the Tepual Airport, in Llanquihue's province, Chile. These remains, of an approximate antiquity of 14.000 years, suggest in the context of its find, a nourishing use of the primitive inhabitants. For it, there was studied the nourishing potential of this plant, to be incorporated eventually into the diet of the human being, putting emphasis in the reserve carbohydrates. The living conditions of the plant, its association with other species and its morphology were investigated, to identify those organs of reserve that might have a nourishing use. Of the above mentioned, we selected rhizomes and seeds to realize a chemical proximal analysis, determination of its energetic content and a morphologic study of the grains of starch.

A high productivity of the specie was verified, which it gives a possible annual permanency in the diet. In general, the seeds presented major values in the proximal analysis than the rhizomes and a caloric value very similar, though major in the seeds. These results come closer to the majority of the vegetable sources of starch actually used. The morphology of junquillo's grains of starch turned out to be very specific, which it would allow its identification in the food. The grains of the rhizomes and of the seeds did not present morphologic differences. The study demonstrated that ***Juncus procerus*** might present nourishing utility for the human being, remaining open the need of future researches that allow ratify this possibility and its use as approximation to a future incorporation in the diet.

2. INTRODUCCIÓN

Los organismos vivos transforman energía para ser utilizada en la construcción y mantención de sus complejas estructuras, realizar actividades físicas y para su reproducción. La mantención de éstas y otras funciones en el individuo, se logra gracias a la energía obtenida desde los nutrientes que aporta la dieta, como también, desde depósitos corporales, tales como, tejido adiposo, glicógeno hepático y muscular (Tagle, 1980).

Entre las principales fuentes de energía que provienen de la dieta figuran los hidratos de carbono y los lípidos (Mitchell *et al.*, 1978), siendo los primeros, indiscutiblemente más importantes. Estos se pueden encontrar en diversas proporciones en una amplia gama de alimentos, destacándose entre ellos, los cereales, los tubérculos (raíces o tallos) y las leguminosas, por su elevado contenido en estos macronutrientes (Jury *et al.*, 1977).

En la actualidad, los hidratos de carbono han adquirido mayor protagonismo debido a los efectos favorables que producen aquellos de carácter complejo en la salud humana (Truswell, 1992). Sus principales exponentes, son el almidón, el hidrato de carbono complejo más abundante en la dieta humana (Montes *et al.*, 1992) y la fibra dietética, un componente de la dieta normal, ampliamente aceptado como una parte de la nutrición sana (Hernández y Sastre, 1999).

Los almidones más comunes se encuentran en alimentos que proceden de semillas, raíces y tubérculos. Sus principales fuentes a nivel mundial son el arroz, el maíz, el trigo, la papa y la mandioca (Bruneton, 1991), siendo las cuatro primeras, ampliamente consumidas y reconocidas

en Chile, como parte de la alimentación diaria. Esto explica la importancia de conocer cada vez más sobre ellas, e investigar aquellas posibles nuevas fuentes que podrían formar parte de la alimentación cotidiana, en un futuro próximo.

En los últimos años, en el área nutricional se ha planteado la necesidad de diversificar las fuentes de alimentos vegetales, poniendo énfasis en evaluar aquellas plantas nativas, que crecen en la propia localidad geográfica en que se utilizan. Chile no ha quedado atrás en este aspecto y un ejemplo de ello, es el interés sobre el hallazgo de bolos alimenticios petrificados que incluían restos de frutos y semillas de *Juncus procerus* (“junquillo chileno”) en primitivos de la cultura Monte Verde, planteándose como una hipótesis bastante fidedigna el uso de esta planta nativa dentro de la dieta alimentaria (Rosen y Ramírez, 1997; Vila *et al.*, 2006).

El presente estudio tiene por objeto evaluar el contenido y las principales características del almidón de reserva en las semillas y los rizomas de *Juncus procerus* E. Mey (“junquillo chileno”).

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Considerando que *Juncus procerus* E. Mey (“junquillo chileno”) es una planta nativa de hábito cespitoso, con órganos reservantes de almidón (semillas y rizomas), que ha sido citada por la literatura como una planta alimenticia consumida por habitantes indígenas en el pasado. Se plantea como hipótesis que:

Los órganos reservantes, rizomas y/o semillas de *Juncus procerus* E. Mey (“junquillo chileno”) tendrían almidón con características cuantitativas y cualitativas acordes con las principales fuentes de almidón en el mundo actual y un contenido de fibra dietética, que los harían aptos para ser utilizados en la dieta humana.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial nutritivo de semillas y rizomas de *Juncus procerus* E. Mey (*Juncaceae*) como fuente de almidón.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la abundancia de *Juncus procerus* en su hábitat.
- Determinar la biomasa de la especie en estudio.
- Determinar la producción de frutos y semillas de *Juncus procerus*.
- Determinar la composición química proximal del rizoma y de las semillas de *Juncus procerus*.
- Cuantificar la fibra dietética de rizomas y semillas de *Juncus procerus* y compararla al de otras fuentes alimenticias.
- Cuantificar el contenido de almidón de rizomas y semillas de *Juncus procerus* y compararlo al de otras fuentes alimenticias.
- Caracterizar morfológicamente los gránulos de almidón de *Juncus procerus* y compararlos con el de otros vegetales.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Los hidratos de carbono en la nutrición humana

Los hidratos de carbono, constituyen uno de los principales macronutrientes en la dieta humana, debido a su aporte nutricional y a su alta contribución para satisfacer las demandas energéticas de la población (Araya y Arteaga, 1996). La importancia de estos nutrientes, se debe especialmente a las propiedades fisiológicas de los polisacáridos, entre las que se pueden mencionar: ser el principal aporte energético de las dietas; favorecer la síntesis proteica; mantener la sensibilidad insulínica evitando de este modo la resistencia a este compuesto, que se asocia a una mayor prevalencia de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares; proveer compuestos fermentables al colon con producción de ácidos grasos de cadena corta, influyendo positivamente en el metabolismo de las lipoproteínas y en la regulación de la neoglucogénesis hepática; desplazar compuestos dietéticos riesgosos, como las grasas saturadas; aumentar la saciedad de las comidas, disminuyendo de este modo, los riesgos de obesidad y promover depósitos de energía no lipídica (glucógeno), favoreciendo la actividad física (Araya, 2000).

La importancia de estos nutrientes, especialmente de los polisacáridos se debe a las propiedades fisiológicas que se les atribuyen, entre las que se pueden mencionar: ser el principal aporte energético de las dietas; favorecer

En la alimentación humana, la propiedad funcional más importante de los hidratos de carbono es su digestibilidad en el intestino delgado, gracias a esta función, estos macronutrientes aportan entre un 40 a un 75 % de la ingesta energética total alimenticia, transformándose en el mayor aporte energético en la dieta (FAO, 1999).

Dentro de los alimentos que poseen la mayor cantidad de hidratos de carbono, se encuentran los cereales, edulcorantes (cultivos de azúcar), cultivos de raíces y tubérculos, legumbres, hortalizas y productos lácteos. En menor cantidad, se les puede encontrar en frutas y verduras, y escasamente en productos de origen animal (Jury *et al.*, 1977).

En una dieta óptima, el 55 % de la energía total debería provenir de los hidratos de carbono. Cuando el aporte supera el 75 %, estos compuestos podrían presentar efectos adversos en el estado nutricional, ya que en esta proporción, se excluyen cantidades adecuadas de proteínas, grasas y de otros nutrientes esenciales. Cuando la ingesta diaria de hidratos de carbono es inferior a 5 g, se puede producir cetosis, es decir, quema de las reservas de grasa para obtener energía como un mecanismo compensatorio al déficit de glucosa en el organismo (FAO, 1999).

A lo largo del tiempo, los hidratos de carbono se han clasificado desde diversos puntos de vista, prevaleciendo el químico. Desde una perspectiva nutricional, una clasificación basada meramente en la química, no permite una rápida traducción a términos nutritivos, puesto que cada una de las clases principales de hidratos de carbono posee diversos efectos fisiológicos. Según la FAO (1999), una clasificación de interés, es aquella que separa los hidratos de carbono en azúcares simples y complejos. Los primeros incluyen a mono y disacáridos, cuyo mayor exponente es la sacarosa, y los segundos agrupan glúcidos de alto peso molecular, incluyendo al almidón y a la fibra dietética.

El interés de la clasificación anterior, radica en que hoy en día existe un mayor énfasis en priorizar el aporte de hidratos de carbono complejos en la dieta (Araya y Arteaga, 1996), no así, los hidratos de carbono simples (azúcar), en los cuales, se recomienda moderar su consumo (Jury *et al.*, 1977). Estas medidas están destinadas a prevenir enfermedades crónicas no transmisibles, en las cuales, los hidratos de carbono complejos juegan un papel importantísimo (Truswell, 1992).

3.2. Almidón

El almidón corresponde a un polisacárido de origen vegetal y de tipo digerible (Winton y Winton, 1958). En el reino vegetal, este compuesto constituye el principal producto de la fotosíntesis, y normalmente se encuentra en forma de almidón de asimilación en las hojas y tallos verdes, y como almidón de reserva, en órganos como los rizomas, raíces, tubérculos y semillas (Taiz y Zeigen, 1988; Salisbury y Ross, 2000).

Químicamente, este polisacárido de reserva está compuesto por una mezcla de dos polímeros, la amilosa y la amilopectina (Figura 1). La amilosa es un polímero lineal con un grado de polimerización aproximado de mil o menos. Las unidades de glucopiranosilo en este polímero, se encuentran casi en su totalidad enlazadas entre sí por uniones α – D- (1- 4)- glucosídicas. Por otro lado, la amilopectina se caracteriza por ser un polisacárido de alto peso molecular, con un grado de polimerización promedio del orden de millares. Este polímero es altamente ramificado y se encuentra formado por enlaces α – D- (1- 4) y por uniones α – D- (1- 6)- glucosídicas en sus puntos de ramificación. Corresponde a la forma predominante en la mayoría de las fuentes

vegetales, presentándose en un porcentaje que fluctúa entre los 65 y los 85 % (Lehninger *et al.*, 2001).

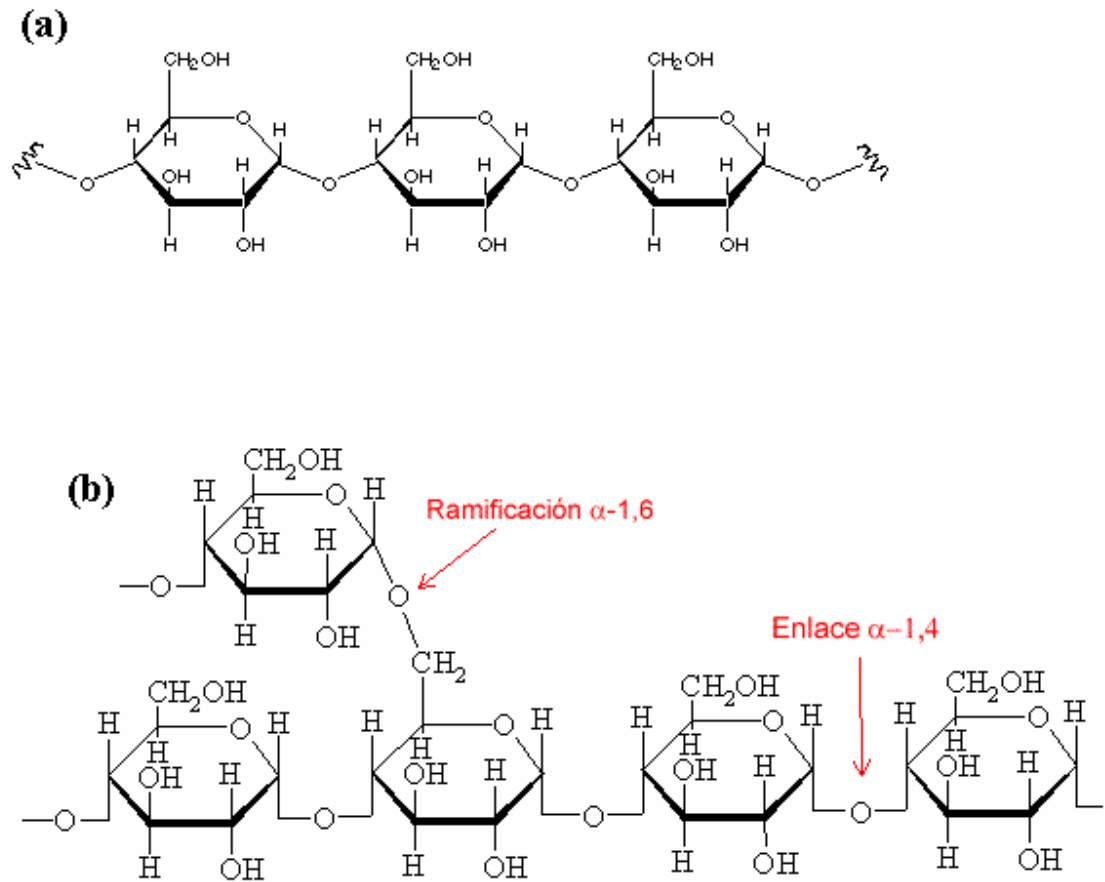


Figura 1. Estructura química de amilosa (a) y amilopectina (b) (Whistler y Daniel, 1993)

El almidón como unidad estructural es un homo-polisacárido constituido sólo por moléculas de glucosa. Se presenta en forma de gránulos regulares (generalmente redondeada, ovoide o angular) o irregulares, con tamaños que oscilan entre 1 y 100 μm . Tanto la forma, como el tamaño de estos gránulos, varía sustancialmente entre una especie vegetal y otra, representando un importante criterio de identificación (Thomas y Atwell, 1999).

La estructura del gránulo de almidón, se muestra en la Figura 2. En ella se observa que el gránulo está compuesto por diversas capas concéntricas que van formando anillos crecientes alrededor de un núcleo llamado hilum o centro de formación. Este núcleo, puede estar en el centro del gránulo (concéntrico) o desplazado lateralmente (excéntrico), constituyendo un carácter relevante en la identificación del material de origen (Van der Burgt *et al.*, 2000). Las capas que rodean el núcleo, se separan en semicristalinas y amorfas, de las cuales, sólo las primeras se vuelven a diferenciar en láminas cristalinas y amorfas. Estas láminas cristalinas son más densas y, por ende, las encargadas de mantener la estructura del gránulo (Biliaderis, 1991).

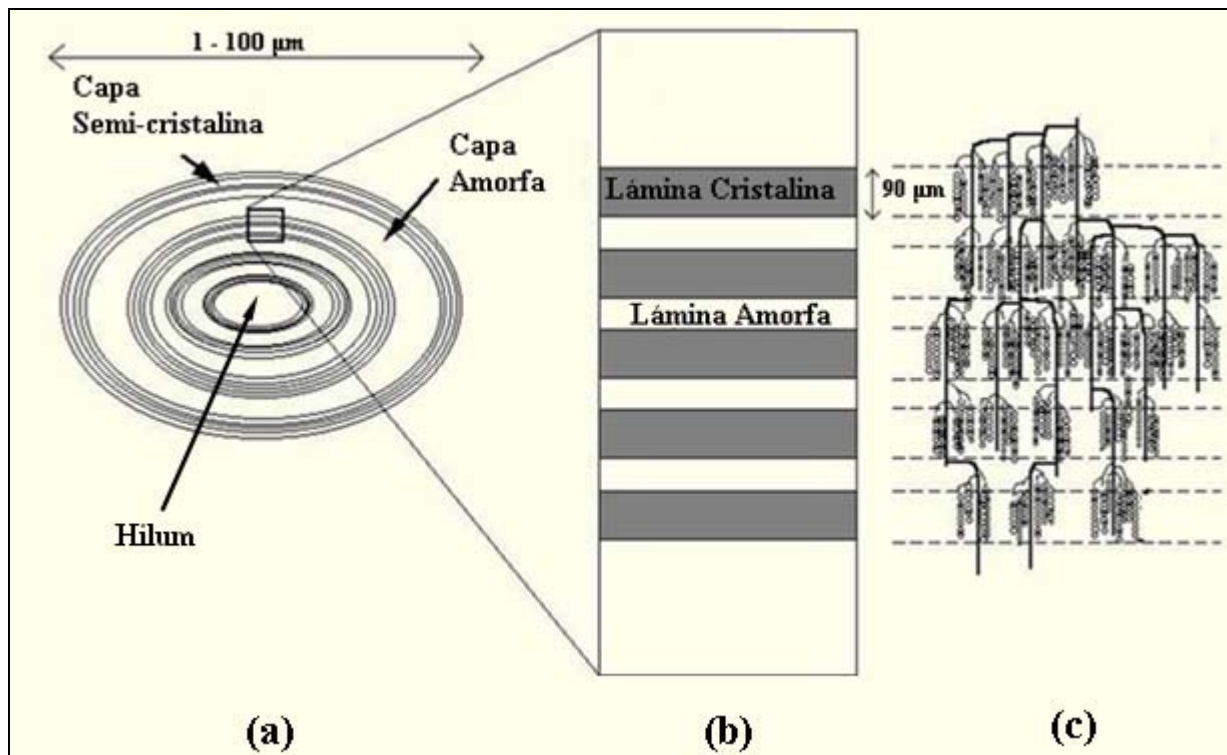


Figura 2. Estructura del gránulo de almidón: a) esquema del gránulo entero; b) capas semi-cristalinas constituidas por apilamiento de láminas amorfas y cristalinas; c) modelo bioquímico de la relación entre las láminas cristalinas y amorfas (French, 1973)

3.3. Almidón en la dieta humana

El almidón, es catalogado el hidrato de carbono complejo más importante y abundante en la dieta humana, formando parte de una amplia gama de alimentos consumidos por nuestra sociedad, como son las semillas de gramíneas (arroz, trigo, maíz y cebada) y productos elaborados de éstos, como el pan y las pastas; semillas de leguminosas (porotos, lentejas, arvejas, entre otros) y tubérculos representados principalmente, por la papa (Montes *et al.*, 1992).

Fisiológicamente, su digestión comienza en la boca, donde la α -amilasa salival inicia su degradación. De este modo, se forman fragmentos que corresponden a maltosa, glucosa y dextrina. Estos fragmentos, para su absorción en el intestino delgado deben transformarse en monosacáridos, por lo cual, la degradación se complementa con una amilasa pancreática activa en esa porción del intestino, y por la acción de disacarasas asociadas al borde en cepillo (microvellosidades) de la membrana intestinal (FAO, 1999).

3.4. Fibra dietética

El término fibra dietética se refiere a polisacáridos de origen vegetal, ubicados en la pared celular de las plantas, con carácter no digerible, es decir, resistentes a las enzimas digestivas del ser humano. Incluye una mezcla de polisacáridos, tales como, la celulosa, las hemicelulosas y la pectina, y de lignina, un complejo aromático de elevado peso molecular, que no corresponde a un hidrato de carbono (FAO, 1999). También, pueden integrarse en este término, constituyentes no

estructurales naturales usados como aditivos de alimentos, tales como, gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada (Hernández y Sastre, 1999).

Según la solubilidad en agua, la fibra dietética puede clasificarse en soluble (FDS) o insoluble (FDI). La primera incluye pectinas, gomas (de guar y de cereales), mucílagos, polisacáridos algales y bacterianos (aditivos alimentarios), fructopolisacáridos y fructoligosacáridos (inulina, oligofructosa), almidón resistente y polidextrosa, en cambio la fibra insoluble incluye celulosa, hemicelulosas y lignina (Hernández y Sastre, 1999).

En la actualidad, se sabe que la fibra dietética influye en la absorción del almidón, este fenómeno ocurre cuando los gránulos se encuentran físicamente envueltos por una matriz de fibra, de tal modo, que las enzimas digestivas no puedan tener acceso a ellos, y si lo hacen, es con retraso. Este almidón es llamado almidón resistente 1 (SR1) ó almidón físicamente incluido y es considerado dentro de la FDS, como se menciona anteriormente. También existe un almidón resistente 2 (SR 2) que corresponde a los gránulos de almidón crudo (en su estado nativo) que son resistentes al ataque de la α -amilasa y el almidón resistente 3 (SR 3) que es el almidón retrogradado, es decir aquel que luego de ser gelatinizado/cocinado, tiende a reestructurarse, volviendo a ser resistente a la digestión de la α -amilasa (FAO, 1999).

La fibra dietética soluble y la insoluble tienen gran importancia en la prevención y en el tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles, por lo cual es necesario determinar las fracciones en que ambas se encuentran en los alimentos para una selección final de éstos en la dieta (Pak, 2000).

La fibra dietética al igual que el almidón, se encuentran en alimentos de origen vegetal, tales como, cereales, leguminosas, frutas y verduras. En cada uno de ellos, la cantidad de éstos polisacáridos varía dependiendo, por una parte, de la especie vegetal, del órgano y de la madurez de éste y, por otra, de factores externos, tales como, el tratamiento tecnológico del alimento (FAO, 1999).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. MATERIAL

Para iniciar el estudio propuesto en *Juncus procerus* (*Juncaceae*), se ubicaron lugares de colecta en el terreno, en los cuales, se procedió a estudiar la comunidad vegetal en la cual vive esta planta, conocer las especies vegetales que la acompañan y analizar el rol que el “junquillo chileno” cumple en dicha comunidad (Steubing *et al.*, 2002).

4.1.1. *Juncus procerus* E. Mey (“junquillo chileno”, “unquillo”)

Juncus procerus E. Mey (“junquillo chileno”), es una hierba Monocotiledónea perteneciente a la familia de las *Juncáceas* (Marticorena y Quezada, 1985; Vila *et al.*, 2006). Esta especie abunda en Chile Central y en el Centro-Sur (Matthei, 1995) destacándose por ser una planta perenne, alta, robusta y rizomatosa. Esta hierba crece en grupos formando praderas húmedas de origen antrópico, las cuales se desarrollan en lugares donde primitivamente crecían

bosques pantanosos de Mirtáceas (San Martín *et al.*, 1998; Smith-Ramírez *et al.*, 2005). Las praderas de junquillo, debido a su deficiente drenaje, permanecen verdes durante todo el año, aportando forraje para el ganado (Montaldo, 1975; Ramírez *et al.*, 1983).

Morfológicamente, el “junquillo chileno” consta de dos tipos de tallo: unos aéreos o culmos y otros subterráneos llamados rizomas (Moore *et al.*, 1998; Strasburger, 1994). Los culmos se caracterizan por ser verdes, erectos, lisos, redondos y de médula tabicada. Estos tallos poseen la capacidad de realizar fotosíntesis, reemplazando en esta función a las hojas, las cuales se encuentran reducidas a brácteas de color café claro y de textura coriácea, en la base de ellos (Espinoza, 1988). Por otro lado, los rizomas se caracterizan por ser órganos reservantes de crecimiento horizontal (Muñoz, 1980; Strasburger, 1994). En el extremo de los culmos, se forman las infrutescencias, las cuales, son de carácter terminal y pseudolateral (ya que se encuentran sobrepasadas por una prolongación del tallo). Ellas reúnen a las flores, que se agrupan en panículos con racimos de diferentes largos (Muñoz, 1959; Muñoz, 1980). Cada flor, posee seis tépalos, tres estambres, un ovario súpero provisto de un estilo corto y tres estigmas. Además, en sus bases, las flores presentan brácteas ovales de consistencia escariosa. Después de la fecundación, cada flor da origen a un fruto seco o cápsula, triquetra, pequeña, oval-elíptica y unilocular de color café brillante. Estos frutos, en su interior presentan gran cantidad de semillas adheridas a la pared de sus tres ángulos, las cuales, se caracterizan por ser de color anaranjado, poseer prolongaciones cortas hialinas en la base y ápice, y poseer una superficie reticulada pero con estrías longitudinales (Navas, 1973).

Esta planta se distribuye desde Maule a Chiloé y en regiones de la Patagonia Argentina, donde ocupa terrenos húmedos y mal drenados (Muñoz, 1980; San Martín *et al.*, 1998).

La propagación de esta planta se realiza sexualmente por semillas y, vegetativamente por rizomas (Hoffmann *et al.*, 1992). El período de floración es entre Octubre y Diciembre, aunque puede variar dependiendo de la latitud (Espinoza, 1988, Matthei, 1995).

El “junquillo chileno” es utilizado como alimento para el ganado vacuno, que consume la parte aérea y verde de la planta cuando está joven. Esta planta, además se utiliza en artesanía del tipo cestería en la elaboración de asientos, canastos y esteras, entre otros (Heywood, 1985). En Chile, las plantas de la familia *Juncáceas* se relacionan con la palabra de origen mapuche cüña, la cual hace referencia a materiales para techar la ruca. Existen evidencias que esta especie fue ampliamente utilizada en trenzados y utensilios tejidos típicos de la cultura mapuche (Wilhelm de Mösbach, 1992).

Un aspecto relevante en el uso de *J. procerus* es que sus semillas, probablemente fueron consumidas por los primitivos habitantes de la cultura Monte Verde, como lo demuestran los restos vegetales encontrados cerca del aeropuerto El Tepual, en la provincia de Llanquihue. Las semillas del “junquillo chileno” habrían formado parte de la dieta alimenticia de esta población, atribuyéndole un posible valor energético (Rosen y Ramírez, 1997).

4.1.2. Lugar de trabajo

El trabajo de terreno se realizó durante los meses de Marzo y Abril del año 2006, en praderas húmedas ubicadas en el sector Collico (Valdivia, Región de los Ríos) el cual se extiende entre los 39° 48' latitud Sur y los 73° 12' longitud Oeste (I.G.M., 1983) (Figura 3).

Estas praderas se desarrollan en lugares donde antiguamente crecían bosques de Temo-Pitra, conocidos con el nombre de Hualve (San Martín *et al.*, 1998; Smith-Ramírez *et al.*, 2005).

El suelo en que se desarrollan estas praderas es de origen trumao, tipo aluvial, perteneciente a la familia Pelchuquín y a la serie Valdivia, derivando de ceniza volcánica andesítico-basáltica que se ha depositado sobre un complejo metamórfico de la Cordillera de la Costa. Al ser de tipo aluvial, se caracteriza por una ubicación sobre una terraza de río, razón por la cual en invierno, presenta aproximadamente 30 cm de agua sobre la superficie y en verano, esta agua queda como napa subterránea más profunda (Subiabre y Rojas, 1994). Se trata de un suelo con textura franco-limosa con alto contenido de materia orgánica (Besoain, 1985).

El clima del lugar de trabajo, es templado lluvioso, del tipo mediterráneo (Cfsb2) y se caracteriza porque las precipitaciones durante el mes más seco superan los 60 mm, sin embargo, se observa un descenso pluviométrico durante la estación cálida (Subiabre y Rojas, 1994).

La precipitación promedio anual de la ciudad de Valdivia, alcanza los 2.445 mm y la temperatura media anual oscila entre los 9 y 12° C (Subiabre y Rojas, 1994).



Figura 3. Área de estudio: a) lugar de muestreo (→); b) vista general de la pradera estudiada

4.2. MÉTODOS

4.2.1. De análisis en terreno

4.2.1.1. Descripción de la comunidad (asociación vegetal) : se realizó un estudio de tipo fitosociológico siguiendo la metodología propuesta por la Escuela Sigmata (Braun-Blanquet, 1979). Esta consiste en registrar las especies presentes en parcelas de muestreo de 100 m² y estimar su abundancia expresándola en porcentaje de cobertura de la parcela. La abundancia de los individuos se determina mediante simple apreciación visual, utilizando el signo “+”, cuando la cobertura de la especie es menor al 1%. Finalmente, los censos se reunieron en una tabla fitosociológica construida en base a especies diferenciales, de acuerdo a la metodología propuesta por Kreeb (1983). Esta tabla final fue analizada vertical y horizontalmente, determinando para cada especie: la frecuencia, la cobertura y el valor de importancia. Además, se definió la forma de vida de cada taxón, según la clasificación de Raunkiaer (1937), que considera el grado de protección de las yemas vegetativas frente a condiciones desfavorables y su posición con respecto al suelo.

4.2.2. De análisis en laboratorio

4.2.2.1. Descripción morfológica de *Juncus procerus* : para este fin, se cosecharon plantas completas de “junquillo chileno”, las cuales se almacenaron en bolsas plásticas para ser trasladadas al Laboratorio Central del Instituto de Botánica. En dichas instalaciones, las muestras fueron lavadas para eliminar materiales, cuerpos extraños y todo tipo de impurezas que interfiriera con la descripción. El análisis morfológico se realizó con el material fresco y consideró a cada órgano de la planta por separado. Los parámetros descriptivos incluyeron forma, color, textura y morfometría y siguieron la pauta propuesta por Sass (1968).

4.2.2.2. Biomasa : representa la materia seca vegetal, tanto aérea como subterránea, que se obtiene por unidad de superficie en una determinada fecha de cosecha (Cunningham, 2002). Para llevar a cabo este análisis, se seleccionó un área homogénea en la cual, se delimitaron cuadrantes de 50,00 x 50,00 cm y en cada uno se cosechó el material vegetal que contenía. Posteriormente, las muestras se trasladaron al laboratorio en bolsas plásticas previamente marcadas, donde se fraccionó el material en sus distintos órganos, es decir, infrutescencias, tallos aéreos, rizomas y raíces. Luego, estas muestras fueron colocadas en bolsas de papel rotuladas y secadas en una estufa con circulación de aire a 70° C por 5 días obteniendo así, el peso seco de cada muestra. Finalmente, se realizaron los cálculos de biomasa por superficie de suelo, expresándolos en g/m² estimando la biomasa de cada órgano y de la totalidad de la planta en el área estudiada (Cunningham, 2002).

4.2.2.3. Contenido hídrico : para este análisis se utilizó el material destinado a la determinación de la biomasa de la especie (punto 4.2.2.2). En el momento que el material fresco fue separado en sus distintos órganos, se pesó cada muestra en una balanza granataria, obteniendo, por lo tanto, el peso fresco de cada órgano. Después del secado en una estufa con circulación de aire a 70° C por 5 días, las muestras se volvieron a pesar. Finalmente, el contenido hídrico de cada órgano vegetal se obtuvo por diferencia entre ambas pesadas (AOAC, 1996; Bateman, 1970).

4.2.2.4. Producción de semillas : durante el mes de Marzo del año 2006, se recolectaron los frutos de “junquillo chileno”. Para este fin, se extrajeron las infrutescencias presentes en una determinada superficie. Posteriormente, los frutos se secaron al aire libre y se liberaron las semillas mediante un tratamiento mecánico, que consistió en presionar las cápsulas para que se abrieran. Finalmente, para separar y limpiar las semillas de los restos de fruto, se tamizó cada muestra con un tamiz de 250 µm.

Considerando que *J. procerus* tiene un hábito de crecimiento cespitoso con rizoma, el número de semillas se expresa en relación a la superficie ocupada por la planta y a la cantidad de dichas diásporas por culmo.

4.2.2.5. Análisis químico proximal de semillas y rizomas : Estos se realizaron con el fin de obtener la composición nutricional de la semilla y rizoma y consideraron las siguientes fracciones: agua (%), energía (Kcal/100 g), proteínas totales (%), extracto etéreo (%), extracto no nitrogenado (%), fibra cruda (%), materia orgánica (%) y ceniza (%). Además en ambos órganos, se cuantificó la fibra dietética total, soluble e insoluble (%). Para estas determinaciones se utilizó el material de semillas y rizomas obtenidos en los puntos anteriores. No obstante, los tallos subterráneos fueron lavados, descortezados, secados y finalmente, pulverizados y tamizados en el Laboratorio de Pulpa y Papeles de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile. De este modo, las fracciones obtenidas fueron: mayor a 1,40 mm; 0,50-1,40 mm y menor a 0,50 mm, siendo esta última, la porción analizada.

Los resultados de los análisis se expresan en base al 100 % de materia fresca y seca, siendo esta última más relevante en este estudio, pues permite comparar con datos de otras fuentes de interés. Estas últimas consideraron las principales fuentes alimenticias de almidón en el mundo, tales como, el arroz (*Oriza sativa*), el trigo (*Triticum aestivum*), el maíz (*Zea mays*), la papa (*Solanum tuberosum*) y la mandioca (*Manihot esculenta*). A pesar que la última fuente no es conocida por nuestra sociedad, su importancia mundial, hace interesante su inclusión en este estudio.

A continuación se detalla la metodología utilizada en los distintos análisis:

4.2.2.5.1. Contenido hídrico : este parámetro se obtuvo por diferencia entre el peso fresco y el peso seco de la muestra. El resultado se expresa como porcentaje de agua (AOAC, 1996).

4.2.2.5.2. Valor energético : para obtener este valor las muestras se sometieron a una combustión en un calorímetro adiabático. Los resultados se presentan como contenido energético total expresado en Kcal por 100g de materia fresca y seca (Bateman, 1970).

4.2.2.5.3. Proteínas totales : se realizó mediante el protocolo de Bradford (1976), que se basa en la unión del colorante Azul de Coomasie a las proteínas. Existen dos formas del colorante en solución ácida, una azul y una naranja. Las proteínas se unen a la forma azul, formando un complejo proteína-colorante con un coeficiente de extinción mayor que el del colorante libre. La cuantificación proteica, se obtuvo comparando la absorbancia de las muestras con una curva estándar de BSA (Seroalbúmina de bovino) previamente preparada (Tabla 1, Gráfico 1) y a partir de la cual, se obtuvo la concentración de las muestras y posteriormente, los microgramos de proteína por gramo de muestra seca. Para este fin, se utilizó un espectrofotómetro de doble haz marca Unicam, modelo Helios α , perteneciente al Laboratorio de Farmacia de la Universidad Austral de Chile.

Tabla 1. Valores utilizados en la curva de calibración para la cuantificación de proteínas totales

Concentración ($\mu\text{m/ml}$)	Absorbancia
0,50	0,016
2,50	0,136
5,00	0,152
12,50	0,388
25,00	0,715
50,00	1,318

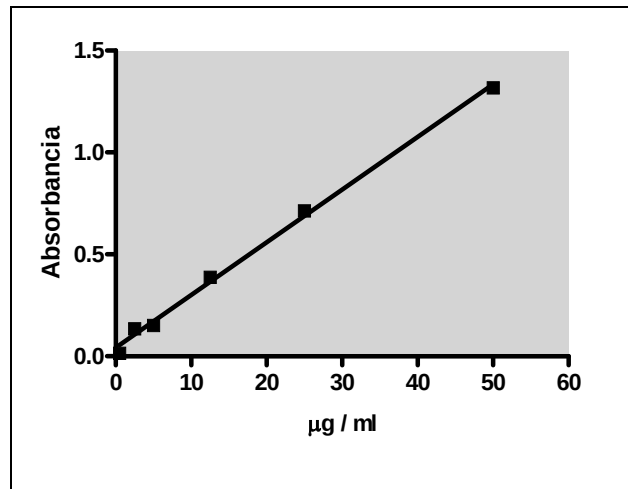


Gráfico 1. Curva de calibración para la determinación de proteínas totales

4.2.2.5.4. Extracto etéreo (EE) : el método utilizado consiste en extraer las sustancias hidrófobas con éter etílico. El extracto puede incluir ésteres de ácidos grasos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres, carotenoides, clorofila y otros pigmentos. Para su determinación se utilizó un extractor intermitente Soxhlet (Baterman, 1970).

4.2.2.5.5. Extracto no nitrogenado (ENN) : bajo este nombre se expresan los componentes del alimento que corresponden a los hidratos de carbono y otros compuestos relacionados, como pectinas, gomas, entre otros. Este se calcula por diferencia entre el total de la masa seca y la sumatoria de los demás componentes determinados (AOAC, 1996).

$$\text{ENN} = \text{Masa Seca} - (\text{Ceniza} + \text{Proteína Cruda} + \text{Fibra Cruda} + \text{Extracto Etéreo})$$

4.2.2.5.6. Ceniza : el contenido se determinó sometiendo la muestra a una combustión a 650° C por 6 horas, en una mufla perteneciente al Laboratorio del Instituto de Zoología. Posteriormente, las muestras enfriadas fueron pesadas en una balanza analítica de marca Arquimed, modelo Adams AAA 250 – LE del Laboratorio de Farmacia. El porcentaje de ceniza se obtuvo al dividir el peso de la ceniza por el peso de la muestra seca y multiplicada por 100 (AOAC, 1996; Bateman, 1970).

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{peso ceniza (g)}}{\text{peso muestra (g)}} \times 100$$

4.2.2.5.7. Materia orgánica : el contenido se calculó restando a la muestra inicial la cantidad de ceniza determinada en el punto anterior.

4.2.2.5.8. Fibra cruda : para su determinación la muestra fue sometida a una reducción con KOH y agua a alta temperatura, obteniéndose el residuo insoluble que dejan los alimentos de origen vegetal (celulosa, lignina y cutina) (AOAC, 1996).

4.2.2.5.9. Fibra dietética : se realizó por medio del método enzimático gravimétrico en las dependencias del INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos) de la Universidad de Chile. Según el procedimiento, las muestras secas son gelatinizadas con α -amilasa térmicamente estable y posteriormente, digeridas utilizando proteasas y amiloglucosidasas, para remover proteínas y almidón. La fracción resultante es filtrada y del filtrado obtenido se aísla la

fibra dietética soluble precipitando con etanol. El residuo no filtrado incluye a la fibra dietética insoluble que se lava, se seca y se pesa (AOAC, 1996).

$$\text{Fibra dietética total (\%)} = \text{Fibra dietética soluble} + \text{Fibra dietética insoluble}$$

4.2.2.6. Contenido de almidón

Para cuantificar el contenido de este polisacárido, se utilizó un método indirecto que consiste en someter el material vegetal a una hidrólisis ácida con ácido perclórico al 52 %, y posterior centrifugación a 2000 rpm por 30 minutos (Steubing *et al.*, 2002). Una vez realizado este proceso, el sobrenadante fue evaluado por medio de la metodología descrita por Dubois *et al.* (1956), en la cual, una reacción colorimétrica produce una coloración amarilla al interactuar los hidratos de carbono solubles con el complejo Fenol – Sulfúrico. De este modo, la intensidad de la coloración, es proporcional a la cantidad de hidratos de carbono presentes en la muestra. En la lectura espectrofotométrica, se midió a 485 nm la absorbancia, utilizando un espectrofotómetro de doble haz del Laboratorio de Farmacia. La cuantificación final de este glúcido, se realizó comparando la absorbancia de la muestra con una curva estándar de glucosa (Tabla 2, Gráfico 2), obteniendo a partir de este resultado, la concentración de almidón en las respectivas muestras (Steubing *et al.*, 2002).

Tabla 2. Valores utilizados en la curva de calibración para la determinación de almidón

Concentración ($\mu\text{m/ml}$)	Absorbancia
1	0,056
2	0,126
6	0,264
8	0,351
10	0,575
20	1,006
30	1,332
40	1,731

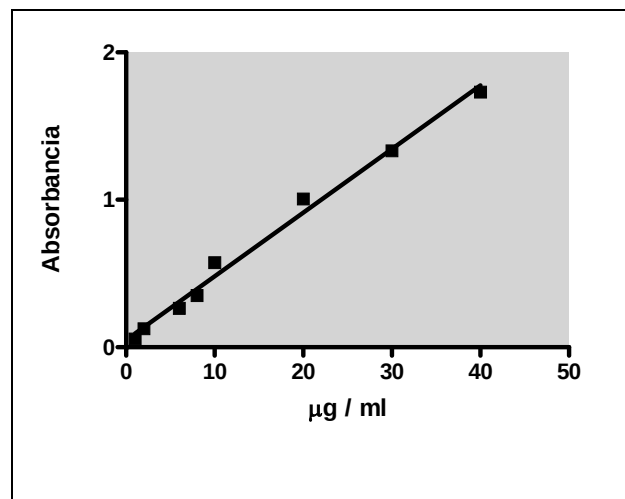


Gráfico 2. Curva de calibración para la determinación de almidón

4.2.2.7. Producción de almidón

Este análisis se realizó con el fin de extrapolar los valores obtenidos en el contenido de almidón en una superficie conocida, y apreciar cómo influyen ciertas características morfológicas de la semilla y del rizoma en la producción final del polisacárido. Para este propósito se consideró un cuadrante de 1 m^2 (Cunningham, 2002).

4.2.2.8. Caracterización morfológica de los gránulos de almidón

Se realizó una caracterización morfológica de los gránulos de almidón mediante un análisis de microscopía óptica (Sass, 1968) y electrónica de Barrido (Montenegro *et al.*, 1984).

4.2.2.8.1 Microscopía óptica : ésta se realizó para la descripción de la forma del gránulo de almidón. Para ello se utilizó un microscopio óptico marca Zeiss, modelo Axiostar plus, con cámara fotográfica incorporada, perteneciente al Laboratorio de Microscopía, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral con el cual, se obtuvieron microfotografías con aumentos de 10X, 40X y 100X.

El procedimiento fue el mismo tanto para la semilla como para el rizoma. Se colocó una gota de agua destilada en el centro de un portaobjetos, luego se agregó la muestra pulverizada y se tapó con un cubreobjetos. Finalmente, se recorrió la muestra con los diferentes aumentos, definiendo la forma de los gránulos de almidón y las características del hilum y sus estratificaciones.

4.2.2.8.2. Microscopía electrónica de barrido (MEB) : este permitió definir las características ultraestructurales del gránulo de almidón y su agrupación en forma más específica. Para este fin, se utilizaron rizomas de “junquillo chileno” sin lavar, en los cuales, se realizaron cortes transversales y longitudinales. Posteriormente, estos cortes fueron sometidos a un tratamiento de fijación con FAA (Formol, Acido Acético, Alcohol), deshidratación con una batería de alcoholes

marca Merck, secado a la atmósfera y sombreado con oro, según la metodología descrita por Montenegro *et al.* (1984), para una observación final con un microscopio electrónico de barrido, marca LEO (Leica Electrón Optic), modelo LEO 420, del Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Austral de Chile.

4.2.2.8.3 Clasificación tipológica del gránulo de almidón: se hizo en base a la tipología morfológica establecida por Winton y Winton (1958) que considera la forma del plastidio, el centro de formación, los bordes, la presencia de agrupaciones y el tamaño.

4.2.3. De análisis estadístico

Estos análisis se aplicaron con el fin de comparar los parámetros estudiados en los órganos del “junquillo chileno” y valorar su significancia al considerar otras especies de interés, por su contenido de almidón.

Para realizar estos análisis se utilizó el programa estadístico Prysm 4.0 con el cual, se obtuvieron los promedios de cada parámetro en estudio, desviaciones estándar y gráficos (Digby y Kempton, 1987).

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Descripción de la comunidad (*Juncetum procerii*)

La pradera de junquillo (*Juncetum procerii*) es una comunidad pratense, secundaria y de origen antrópico, que coloniza ambientes pantanosos. La especie dominante es la hierba autóctona *Juncus procerus* (“junquillo chileno”) que crece formando grandes champas. Corresponde a un sintaxón rico en especies. La Tabla 3 muestra la composición florística de la pradera que, en total presenta 41 especies.

En esta pradera, la cubierta vegetal es continua, superando incluso al 100 % por la diferenciación de tres estratos: el primero integrado exclusivamente por el “junquillo chileno”, cuya cobertura promedio es de 36 % y que llega a medir 2,00 m de alto. El segundo, de menor cobertura, formado por *Holcus lanatus* y alcanza hasta 1,80 m y el último, de carácter más heterogéneo que los anteriores, integrado por *Lotus uliginosus* y *Agrostis capillaris*, entre otras especies, midiendo alrededor de 0,80 m.

Del total de las especies presentes 25 corresponden a especies nativas con una cobertura de 61 % (Tabla 3). Las restantes (16) son introducidas, con una cobertura de 39 %, lo que confirma la importancia de elementos alóctonos en estas praderas y su origen secundario antrópico. El espectro biológico es incompleto, careciendo de hierbas anuales, lo que indica ausencia de períodos de sequía. La forma de vida dominante es la hemicriptofítica, con 30

especies. En ella se cuentan especies tales como: *Centella asiatica*, *Ranunculus repens*, *Hedyotis salzmannii* y *Senecio aquaticus*, todas indicadoras de ambientes húmedos (Ramírez *et al.*, 1991).

En esta asociación, se destaca la presencia de elementos fanerofíticos, tales como: *Myrceugenia exsucca*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Baccharis sagittalis*, que son remanentes del primitivo bosque que crecía en el lugar. Además sobreviven dos helechos *Blechnum chilense* y *B. mochaenum*, únicos pteridófitos que resisten ambientes antropizados.

Tabla 3. Composición florística de la Pradera de junquillo (*Juncetum procerii*)

Especies / censo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Cob. $\bar{X}$	V. I.	O. F.	F. V.
<i>Juncus procerus</i>	50	40	20	20	20	30	60	40	40	40	36,00	42,70	n	h
<i>Lotus uliginosus</i>	*	*	10	30	30	10	+	60	+	20	20,30	22,30	i	h
<i>Agrostis capillaris</i>	*	*	05	10	20	60	30	*	*	40	27,50	20,80	i	h
<i>Lycopus europaeus</i>	10	20	+	+	05	+	+	*	50	+	10,00	16,30	i	c
<i>Holcus lanatus</i>	*	*	10	20	20	+	+	+	+	*	7,70	11,20	i	h
<i>Centella asiatica</i>	*	*	60	10	+	*	*	*	*	*	23,70	9,30	n	h
<i>Rubus constrictus</i>	*	*	+	+	*	+	+	*	10	+	2,50	6,60	i	f
<i>Senecio aquaticus</i>	*	*	*	*	10	10	10	*	*	*	10,00	5,40	i	h
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	*	*	+	+	*	*	+	+	*	+	1,00	4,80	i	h
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	*	*	+	10	*	+	*	*	*	+	3,30	4,70	n	h
<i>Calystegia sepium</i>	20	10	*	*	*	*	*	*	*	*	15,00	4,50	i	f
<i>Juncus microcephalus</i>	*	*	*	+	+	*	*	+	*	+	1,00	3,90	n	h
<i>Hydrocotyle volckmanii</i>	+	*	*	*	+	*	*	*	*	+	1,00	2,90	n	h
<i>Leontodon taraxacoides</i>	*	*	+	+	*	+	*	*	*	*	1,00	2,90	i	h
<i>Belchnum mochaenum</i>	*	*	+	+	*	*	*	+	*	*	1,00	2,90	n	h
<i>Cyperum eragrostis</i>	*	*	+	+	*	*	*	+	*	*	1,00	2,90	n	h
<i>Juncus dombeyanus</i>	*	*	+	*	+	*	*	*	*	+	1,00	2,90	n	h
<i>Ranunculus repens</i>	*	*	*	*	+	+	+	*	*	*	1,00	2,90	i	h
<i>Blechnum chilense</i>	*	*	*	*	+	*	*	+	*	*	1,50	2,00	n	h
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	*	*	*	*	*	+	*	*	*	05	3,00	2,30	n	f
<i>Typha angustifolia</i>	+	+	*	*	*	*	*	*	*	*	1,00	1,90	n	cr
<i>Polypogon australis</i>	+	*	*	*	*	*	*	+	*	*	1,00	1,90	i	h
<i>Carex canescens</i>	*	*	+	*	*	+	*	*	*	*	1,00	1,90	n	h
<i>Juncus planifolius</i>	*	*	+	*	*	+	*	*	*	*	1,00	1,90	n	h
<i>Rumex acetosella</i>	*	*	*	*	+	+	*	*	*	*	1,00	1,90	i	h
<i>Senecio fistulosus</i>	05	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5,00	1,40	n	h
<i>Scirpus californicus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	05	5,00	1,40	n	cr
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	*	+	*	*	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	i	h
<i>Limosella australis</i>	*	+	*	*	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	n	h
<i>Hypochaeris radicata</i>	*	*	+	*	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	i	h
<i>Hedyotis salzmanii</i>	*	*	*	+	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	n	h
<i>Drimys winteri</i>	*	*	*	+	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	n	f
<i>Taraxacum officinale</i>	*	*	*	+	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	I	h
<i>Carex fuscula</i>	*	*	*	+	*	*	*	*	*	*	1,00	1,00	n	h
<i>Rumex conglomeratus</i>	*	*	*	*	+	*	*	*	*	*	1,00	1,00	i	h
<i>Myrceugenia exsucca</i>	*	*	*	*	+	*	*	*	*	*	1,00	1,00	n	f
<i>Juncus cyperoides</i>	*	*	*	*	*	*	+	*	*	*	1,00	1,00	n	h
<i>Verbena corymbosa</i>	*	*	*	*	*	*	*	+	*	*	1,00	1,00	n	c
<i>Baccharis sagittalis</i>	*	*	*	*	*	*	*	+	*	*	1,00	1,00	n	f
<i>Carex riparia</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	+	*	1,00	1,00	n	h
<i>Salix viminalis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	1,00	1,00	i	f
Total especies	07	06	16	17	15	14	10	11	06	13				

Los números indican porcentaje de cobertura (+ = menor al 1 %) y el asterisco, ausencia.

Cob. $\bar{X}$ = cobertura promedio; **V. I.** = Valor de importancia; **O. F.** = Origen fitogeográfico: **n** = nativa, **i** = introducida; **F. V.** = Forma de vida: **f** = fanerófito, **c** = caméfito, **h** = hemicriptófito, **cr** = criptófito

5.2. Descripción morfológica de *Juncus procerus*

Como ya se dijo, *Juncus procerus* (“junquillo chileno”), es una hierba monocotiledónea, perenne, rizomatosa, de carácter robusto, llegando a una altura de 2 m. Esta planta por crecer en champas, forma densas praderas húmedas en lugares donde antiguamente crecían bosques pantanosos de Mirtáceas, permaneciendo verdes durante todo el año debido a su deficiente drenaje (San Martín *et al.*, 1998; Smith-Ramírez *et al.*, 2005). En las Tablas 4 y 5, se muestran los resultados de la morfometría de los órganos y en las Figuras 4, 5 y 6, las estructuras morfológicas de esta planta.

Tabla 4. Morfometría (cm) del cormo de *Juncus procerus*

Dimensiones	1	2	3	$\bar{X}$	DE
Largo Culmo	100,30	101,20	98,40	100,75	0,45
Diámetro Culmo	0,60	0,43	0,52	0,52	0,07
Largo Raíz	15,30	15,90	15,50	15,56	0,25
Diámetro Raíz	0,21	0,26	0,24	0,24	0,02
Largo Hoja	12,30	13,10	11,50	12,30	0,65
Ancho Hoja	1,21	1,33	1,16	1,23	0,07
Largo Mucrón	0,21	0,25	0,20	0,22	0,02

Tabla 5. Morfometría (cm) de las estructuras de reproducción vegetativa y sexual de *Juncus procerus*

Dimensiones	1	2	3	$\bar{X}$	DE
Largo Rizoma	variable	variable	variable	-----	-----
Diámetro Rizoma	0,72	0,82	0,91	0,82	0,08
Largo Infrutescencia	7,00	7,40	6,30	6,90	0,45
Largo Flor	0,28	0,25	0,21	0,24	0,02
Largo Estambre	0,16	0,14	0,12	0,14	0,02
Largo Fruto	0,26	0,28	0,28	0,27	0,009
Diámetro Fruto	0,16	0,18	0,15	0,16	0,01
Largo Semilla	0,07	0,06	0,06	0,063	0,005
Diámetro Semilla	0,04	0,03	0,04	0,037	0,005

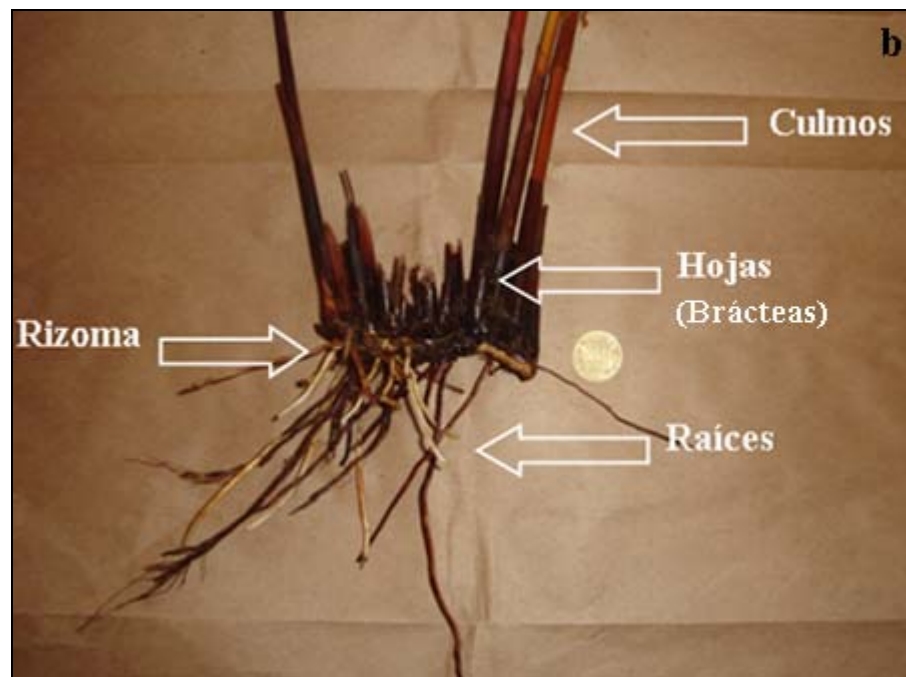
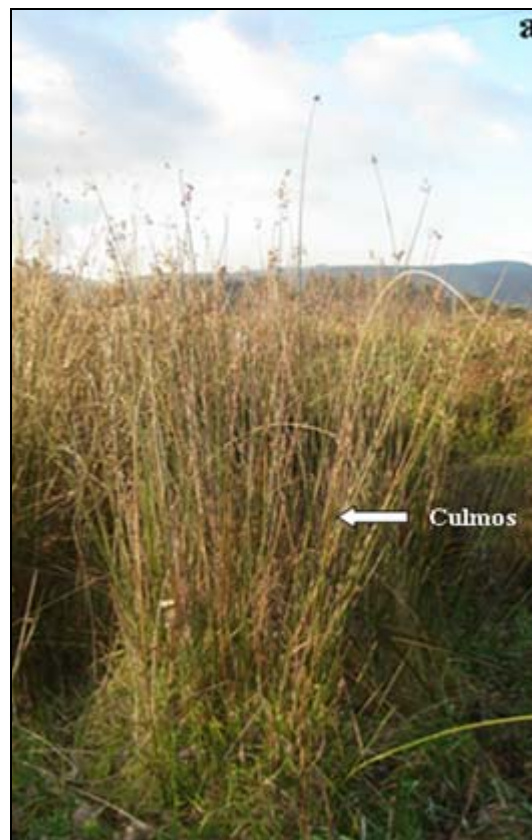


Figura 4. *Juncus procerus*: a) hábito de crecimiento; b) detalle de los órganos subterráneos



Figura 5. *Juncus procerus*: a) trozos de rizoma; b) infrutescencia

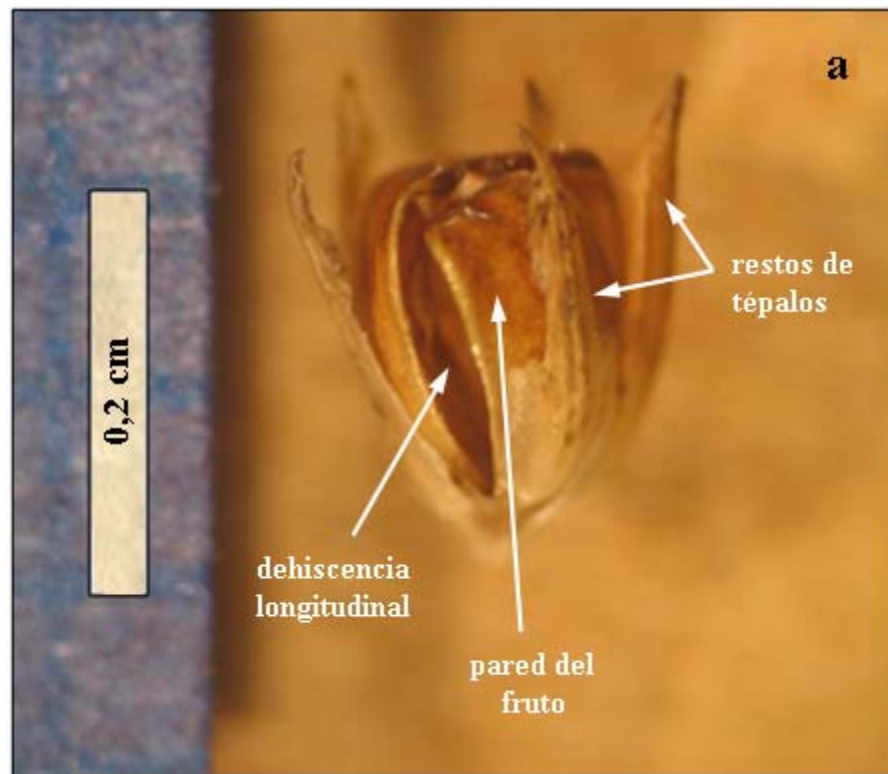


Figura 6. *Juncus procerus*: a) fruto; b) semillas

5.2.1. Culmos

Los tallos aéreos de *J. procerus* (Figura 4a) son redondeados y terminan en un ápice de carácter punzante. Su consistencia es muy dura, manteniendo siempre una postura erecta. La superficie de estos tallos es lisa a levemente estriada y de color verde y en su interior es ahuecado.

El largo promedio de estos culmos fue de 100,75 cm alcanzando los más altos 101,20 cm y los más pequeños 98,40 cm. El diámetro promedio fue 0,52 cm (Tabla 4).

5.2.2. Raíz

La raíz de la planta se observa en la Figura 4b. A simple vista, se observa un órgano del tipo homorrístico (Moore *et al.*, 1998), formado por abundantes raicillas fibrosas, delgadas y de color café claro. Sus dimensiones se muestran en la Tabla 4 destacándose un largo similar cuyo valor promedio es 15,56 cm. El diámetro alcanzó los 0,24 cm como promedio.

5.2.3. Hoja

Las hojas del “junquillo chileno” presentan un color café claro y su consistencia es coriácea. Ellas están metamorfoseadas en brácteas protectoras, no fotosintéticas, que envainan a los culmos desde la base de la planta. El largo y ancho promedios de estas hojas es de 12,30 cm y 1,23 cm, respectivamente (Tabla 4).

Un carácter relevante en las hojas es la presencia de un mucrón en el ápice el cual posee un largo promedio de 0,22 cm, con una DE de 0,02.

5.2.4. Rizoma

Los tallos subterráneos y reservantes del “junquillo chileno”, tienen crecimiento horizontal. Presentan consistencia leñosa y una coloración café de distintas tonalidades, poniéndose más claros al secarse (Figura 5a).

Determinar el largo de estos tallos subterráneos no fue posible, debido a que este órgano posee un crecimiento plagiotrópico, que origina un cuerpo muy ramificado (policormo) en el cual, es imposible separar individuos. El diámetro promedio de estos tallos fue 0,82 cm con una DE de 0,08 (Tabla 5).

5.2.5. Infrutescencia

En las infrutescencias de la planta, se puede apreciar un carácter terminal y pseudolateral con una organización en panículos de racimos de diferentes largos (Figura 5b). Estas infrutescencias presentan una longitud que fluctúa entre los 6,30 y los 7,00 cm (Tabla 5).

5.2.6. Flor

El análisis estructural de la flor muestra un órgano hermafrodita, simétrico, formado por seis tépalos de aspecto pajizo, que al tacto presentan una consistencia dura. Estos tépalos poseen bordes hialinos, terminados en ápices lanceolados y agudos y, en sus bases, están rodeados por brácteas ovales de contextura escariosa. En la Tabla 5, se observa el largo promedio de la flor (0,24 cm). Los estambres alcanzaron una longitud de 0,14 cm como promedio, quedando exsertos en la flor madura.

5.2.7. Fruto

Al observar la morfología del fruto de *J. procerus* (Figura 6a), se aprecia que, estructuralmente es una cápsula, es decir, un fruto seco y dehiscente. Presenta una forma oval-elíptica, con un mucrón terminal, unilocular y de color café brillante. En la Tabla 5, se aprecian las medidas del fruto, observando un largo y ancho promedios de 0,27 y 0,16 cm, respectivamente. Esta cápsula está integrada por tres carpelos unidos, que forman tres ángulos en los cuales, se encuentran adheridas las semillas. Su dehiscencia es longitudinal liberando sus semillas por sí sola, al principio del otoño.

5.2.8. Semilla

Las semillas son de color anaranjado y poseen una forma cilíndrica alargada, volviéndose más angostas hacia sus extremos (Figura 6b). Su superficie se presenta regularmente reticulada entre estrías longitudinales. El largo promedio de estos órganos alcanzó los 0,06 cm y su diámetro 0,04 cm (Tabla 5).

5.3. Biomasa

La biomasa vegetal corresponde a la materia seca (Steubing *et al.*, 2002). En la Tabla 6 se muestran los resultados en g/m², para los órganos aéreos y subterráneos de la planta estudiada.

Tabla 6. Biomasa (g/m²) de *Juncus procerus*

Órganos		1	2	3	$\bar{X}$	DE
aéreos	Culmo	1.694,40	1.321,88	1.332,16	1.449,48	173,24
	Infrutescencia	32,40	46,64	43,36	40,80	6,09
	Total	1.726,80	1.368,52	1.375,52	1.490,28	167,27
subterráneos	Rizoma	574,28	360,72	755,40	563,47	161,31
	Raíz	151,56	91,84	145,76	129,72	26,89
	Total	725,84	452,56	901,16	693,19	184,59
TOTAL		2.452,64	1.821,08	2.276,68	2.183,47	266,12

El valor promedio de biomasa para el “junquillo chileno”, especie dominante en la pradera fué de 2.183,47 g/m² (peso seco), de los cuales 1.490,28 g/m² (68,0 %) son aportados por la biomasa aérea y 693,19 g/m² (32,0 %) por los órganos subterráneos (Gráfico 3).

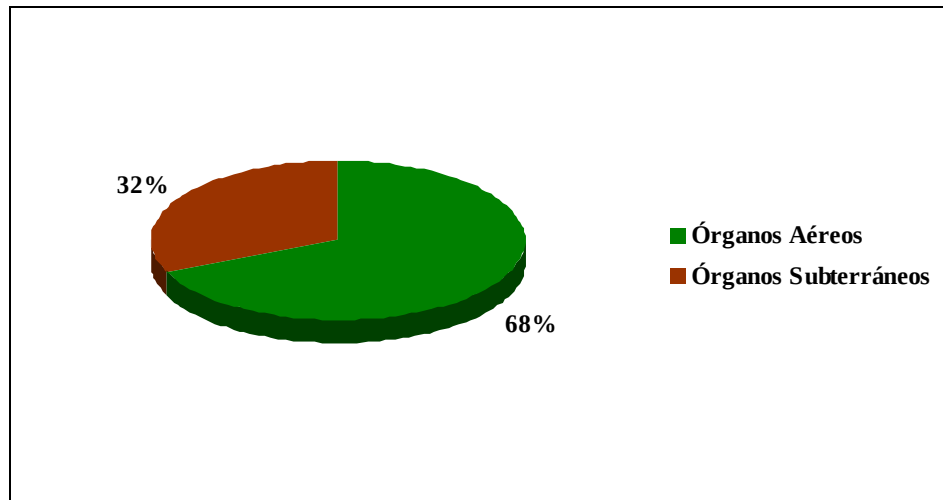


Gráfico 3. Biomasa (%) en *Juncus procerus*

La biomasa de los órganos aéreos, está dada principalmente, por la masa seca aportada por los culmos fotosintéticos de esta hierba (Tabla 6). Estos tallos aéreos, superan notoriamente al total de la biomasa aportada por los demás órganos de *J. procerus*, al contrario de las infrutescencias, que aportan 2 % (Gráfico 4).

De las estructuras subterráneas, la biomasa de los rizomas, que corresponde a un promedio de $563,47 \text{ g/m}^2$ (26 %), es la que más aporta con masa seca, en comparación a las raíces, que presentan una biomasa promedio de $129,72 \text{ g/m}^2$ (6 %).

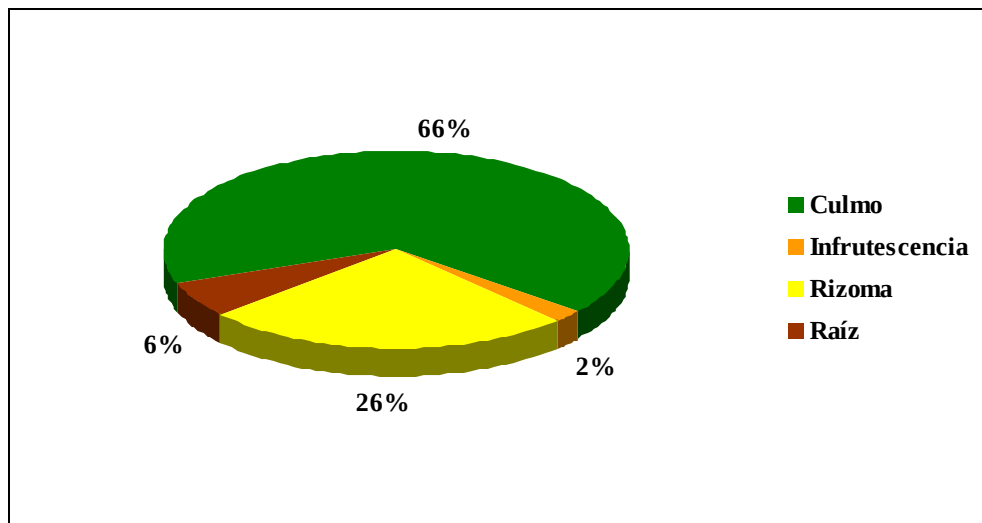


Gráfico 4. Biomasa (%) de los diferentes órganos de *Juncus procerus*

5.4. Contenido hídrico

El contenido hídrico total de la hierba en su estado natural, se muestra en la Tabla 7, en esta se observa que la cantidad de agua promedio en el “junquillo chileno” es de 71,72 %, con una desviación estándar de 0,93.

Tabla 7. Contenido hídrico (%) de cada órgano en *Juncus procerus*

Órganos		1	2	3	$\bar{X}$	DE
aéreos	Culmo	66,67	69,70	69,75	68,71	1,44
	Infrutescencia	31,41	38,63	45,28	38,44	5,66
	Total	66,35	69,17	69,32	68,28	1,37
subterráneos	Rizoma	71,71	75,14	71,93	72,93	1,57
	Raíz	86,55	86,45	86,70	86,57	0,10
	Total	77,01	78,74	76,21	77,32	1,06
TOTAL		70,41	72,27	72,47	71,72	0,93

Como muestra la tabla, el contenido hídrico aéreo alcanza un promedio de 68,28 %, siendo inferior al subterráneo que promedia 77,32 % (Gráfico 5). Esta diferencia, se debe principalmente al elevado contenido de agua que poseen las raíces. El tallo subterráneo posee un contenido hídrico promedio de 72,93 %. La superioridad de estos valores, está dada probablemente, por las características de alta humedad y deficiente drenaje del terreno (Gráfico 6).

En los órganos aéreos, la mayor cantidad de agua la poseen los tallos fotosintéticos, con un contenido promedio de 68,71 %. Las infrutescencias poseen un contenido hídrico que promedia 38,44 %, siendo de este modo, el órgano con menor cantidad de agua en la planta (Gráfico 6).

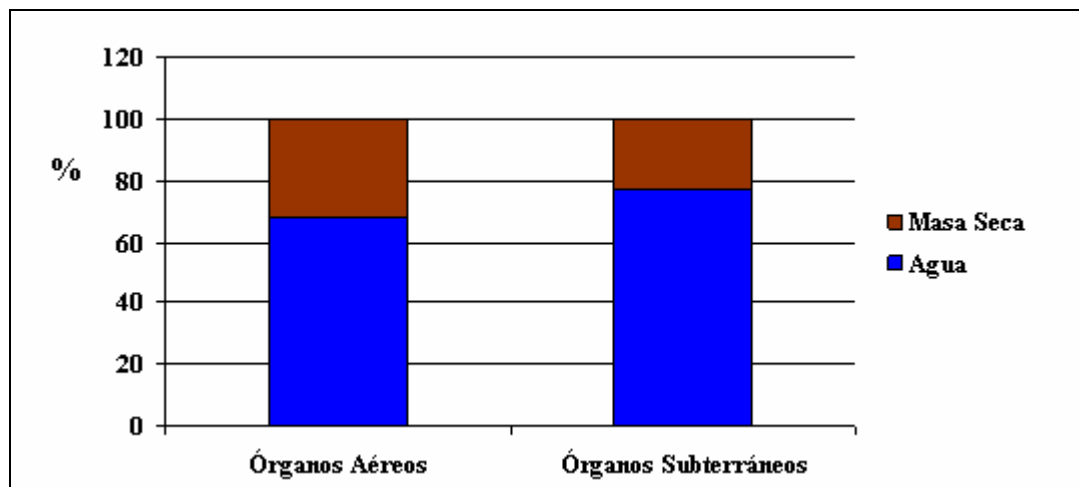


Gráfico 5. Contenido hídrico (%) de *Juncus procerus*

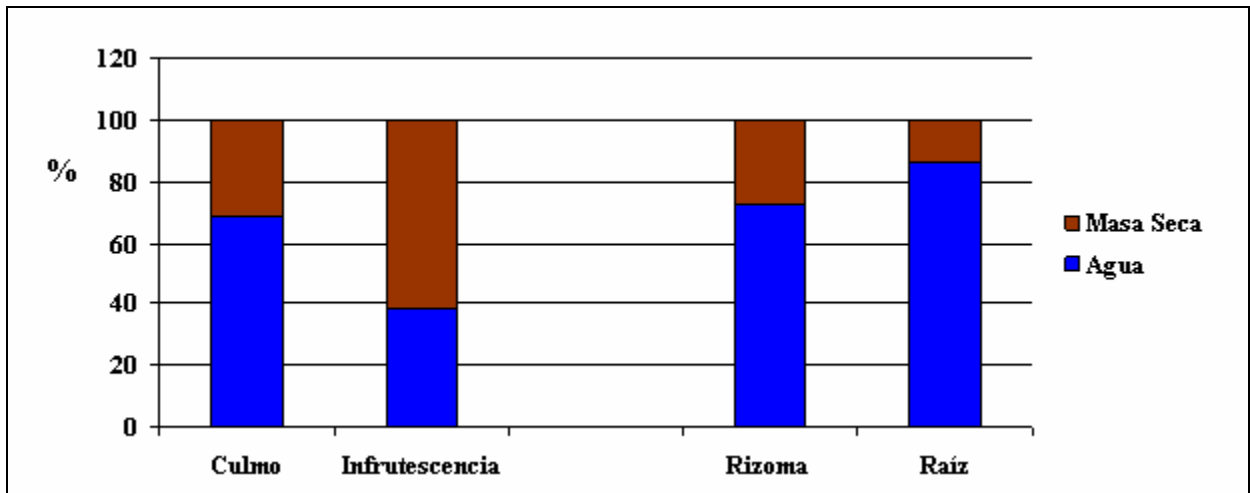


Gráfico 6. Contenido hídrico (%) de los diferentes órganos en *Juncus procerus*

Hay que considerar que estos valores pueden variar dependiendo del origen de las muestras empleadas y del período en que se colectan. Este punto es importante, considerando que la planta se distribuye desde Maule a Chiloé y en las regiones de la Patagonia Argentina, donde la temperatura y las precipitaciones varían considerablemente, lo cual se podría reflejar en el contenido hídrico de la hierba.

5.5. Producción de semillas

La reproducción en *Juncus procerus* está dada sexualmente por medio de semillas y asexualmente mediante rizomas. La Tabla 8 muestra la producción de semillas de la planta.

Tabla 8. Productividad de propágulos sexuales (m²) de *Juncus procerus*

Nº	1	2	3	$\bar{X}$	DE
Infrutescencias	240	288	320	282,67	32,88
Frutos/infrutescencia	804	796	792	797,33	4,99
Semillas /fruto	140	148	156	148,00	6,53
Semillas/infrutescencia	28.840	29.452	30.264	29.518,67	583,25
Semillas	1.730.400	2.120.544	2.421.120	2.090.688	282.744,43

En la tabla se aprecia que las plantas de “junquillo chileno” poseen una alta productividad de semillas. El número de éstos propágulos por fruto fluctuó entre 140 y 156 alcanzando un valor promedio de 148. Ahora al considerar las infrutescencias, se cuantifican 797,33 frutos que aportarían un total de 2.090.688 semillas/m².

Cabe destacar que cada planta posee un número variable de frutos dado principalmente, por la edad de cada planta lo que se ve reflejado en la alta desviación estándar. Por otra parte, se observó que no todas las flores llegan a convertirse en frutos.

5.6. Análisis proximal de semillas y rizomas

5.6.1. Contenido hídrico

En las Tablas 9, 10 y 11, se aprecia la composición química del “junquillo chileno” y de otras fuentes de interés, en base a materia fresca o comestible, que es la que incluye el contenido de agua.

Tabla 9. Composición química proximal (g/100 g materia fresca) y contenido energético (Kcal/100 g) de semillas y rizomas de *Juncus procerus*

Análisis	Semilla	Rizoma
Agua	8,59	72,93
Energía	448,00	118,84
Proteína	13,64	1,78
Extracto Etéreo (EE)	0,77	0,09
Extracto No Nitrogenado (ENN)	44,91	16,81
Fibra Cruda	24,61	7,42
Materia Orgánica	92,51	99,04
Ceniza	7,49	0,96

Tabla 10. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia fresca) y contenido energético (Kcal/100 g) en granos de diferentes fuentes de almidón

Análisis	Arroz*	Maíz*	Trigo*	Semilla <i>J. procerus</i>
Agua	12,30	10,60	11,60	8,59
Energía	363,00	341,00	322,00	448,00
Proteína	6,40	10,60	9,30	13,64
Extracto Etéreo (EE)	0,80	4,50	2,00	0,77
Extracto No Nitrogenado (ENN)	79,70	68,00	72,00	44,91
Fibra Cruda	0,30	4,80	3,70	24,61
Materia Orgánica	99,50	98,50	98,60	92,51
Ceniza	0,50	1,50	1,40	7,49

(Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992)

Tabla 11. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia fresca) y contenido energético (Kcal/100 g) en alimentos ricos en almidón provenientes de órganos subterráneos

Análisis	Papa*	Mandioca**	Rizoma <i>J. procerus</i>
Agua	78,70	68,02	72,93
Energía	77,00	194,12	118,84
Proteína	3,10	1,30	1,78
Extracto Etéreo (EE)	0,20	0,20	0,09
Extracto No Nitrogenado (ENN)	16,50	28,18	16,81
Fibra Cruda	0,60	0,30	7,42
M. Orgánica	99,10	98,00	99,04
Ceniza	0,90	2,00	0,96

*(Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992); **(Albuquerque *et al.*, 1993)

En la Tabla 9 se observa que el contenido hídrico de semillas y rizomas es muy diferente. El menor valor lo presentaron las semillas con un 8,59 % en promedio. A diferencia de los rizomas cuyo contenido de agua alcanzó un 72,93 %. Esta gran diferencia (Gráfico 7) está dada, por un lado, por el contacto permanente del rizoma con un medio anegado, característica típica del *Juncetum procerii*.

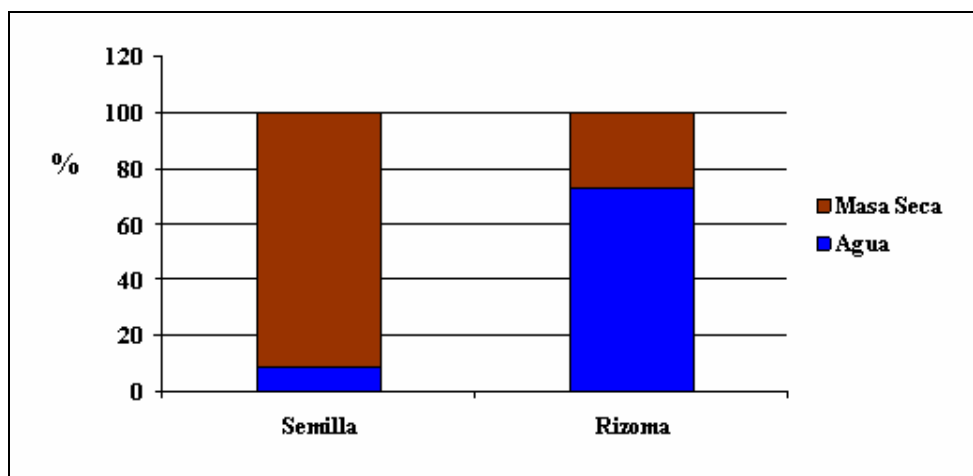


Gráfico 7. Contenido hídrico (%) de semillas y rizomas en *Juncus procerus*

Al relacionar el contenido hídrico de las semillas de *J. procerus* con otras fuentes alimenticias de interés (Gráfico 8, Tabla 10), se observa gran similitud entre ellas, no obstante, la planta en estudio es la que presenta el porcentaje más bajo (8,59 %).

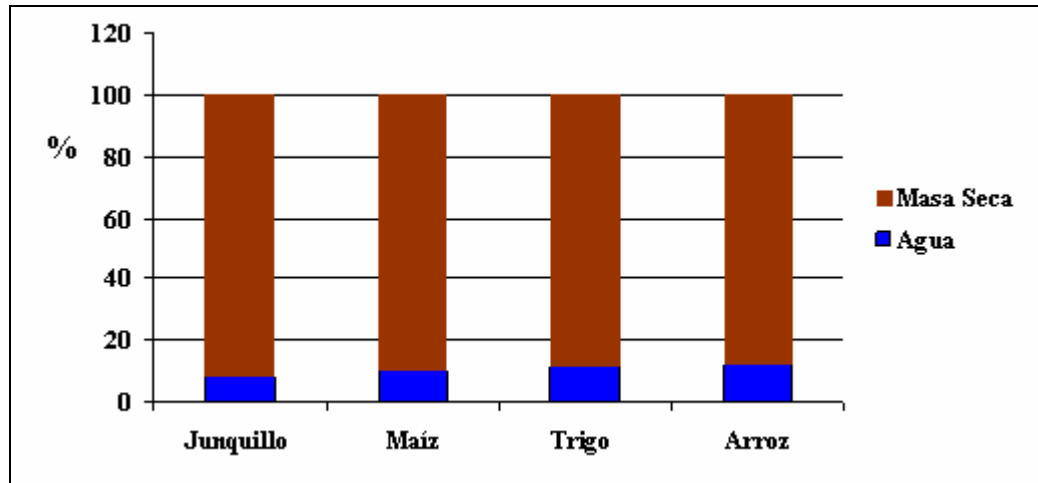


Gráfico 8. Contenido hídrico (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Al comparar el contenido hídrico del rizoma con los otros órganos subterráneos alimenticios (Gráfico 9, Tabla 11) se observa que las tres plantas presentan más de un 65 % de agua. Sin embargo, el “junquillo chileno” presenta un menor contenido (72,93 %) que la papa (78,70 %).

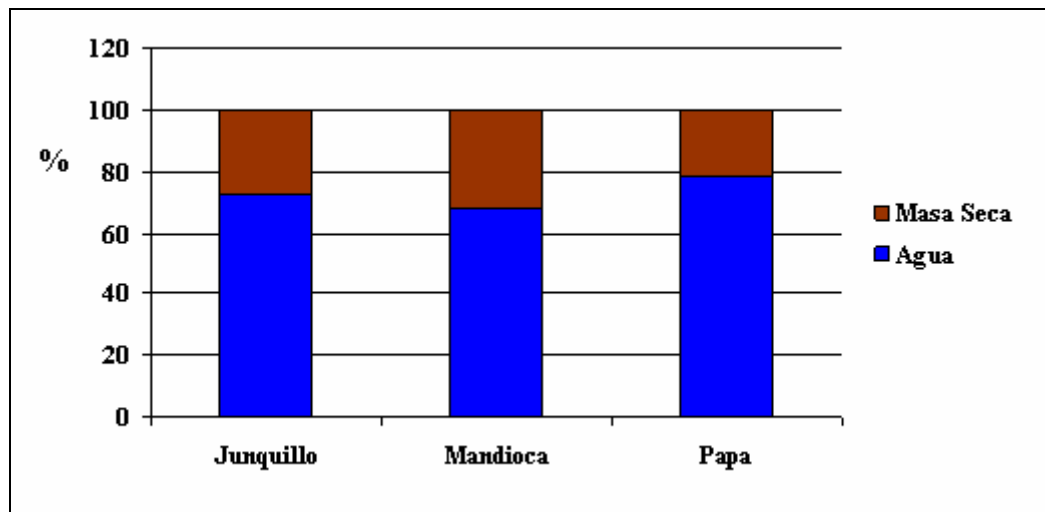


Gráfico 9. Contenido hídrico (%) en rizoma de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Debido al efecto de dilución del agua sobre los nutrientes en el alimento, y con el fin de optimizar la comparación del valor nutritivo entre *J. procerus* y las fuentes alimenticias de interés, se analizarán los valores de la composición química proximal, en base a materia seca (Tablas 12, 13 y 14).

Tabla 12. Composición química proximal (g/100 g materia seca) y contenido energético (Kcal/100 g) de semillas y rizomas de *Juncus procerus*

Análisis	Semilla	Rizoma
Energía	490,00	439,00
Proteína	14,92	6,57
Extracto Etéreo (EE)	0,84	0,35
Extracto No Nitrogenado (ENN)	49,13	62,11
Fibra Cruda	26,92	27,42
M. Orgánica	91,81	96,45
Ceniza	8,19	3,55

Tabla 13. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia seca) y contenido energético (Kcal/100 g) en granos de diferentes fuentes de almidón

Análisis	Arroz*	Maíz*	Trigo*	Semilla <i>J. procerus</i>
Energía	413,91	381,43	364,25	490,00
Proteína	7,30	11,86	10,52	14,92
Extracto Etéreo (EE)	0,91	5,03	2,26	0,84
Extracto No Nitrogenado (ENN)	90,88	76,06	81,45	49,13
Fibra Cruda	0,34	5,37	4,19	26,92
M. Orgánica	99,43	98,32	98,42	91,81
Ceniza	0,57	1,68	1,58	8,19

* (Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992)

Tabla 14. Cuadro comparativo de la composición química proximal (g/100 g materia seca) y contenido energético (Kcal/100 g) en alimentos ricos en almidón provenientes de órganos subterráneos

Análisis	Papa*	Mandioca**	Rizoma <i>J. procerus</i>
Energía	361,50	607,00	439,00
Proteína	14,55	4,07	6,57
Extracto Etéreo (EE)	0,93	0,63	0,35
Extracto No Nitrogenado (ENN)	77,47	88,11	62,11
Fibra Cruda	2,82	0,94	27,42
M. Orgánica	95,77	93,75	96,45
Ceniza	4,23	6,25	3,55

* (Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992); ** (Albuquerque *et al.*, 1993)

5.6.2. Valor Energético

El concepto de energía bruta considera la energía de combustión de un alimento bajo una serie de condiciones estándar y está destinada al mantenimiento de la actividad vital de las células y al desarrollo del trabajo. Según Rivero *et al.* (1999), los requerimientos energéticos medios para los adultos sanos, de edades comprendidas entre 20 y 39 años, con una actividad moderada son de 46 Kcal/kg para un hombre que pese 65 Kg y de 40 Kcal/kg para una mujer que pese 55 Kg.

En el Gráfico 10 se observa que semillas y rizomas de *Juncus procerus* entregan un aporte energético similar; 490,00 y 439,00 Kcal/100 g, respectivamente.

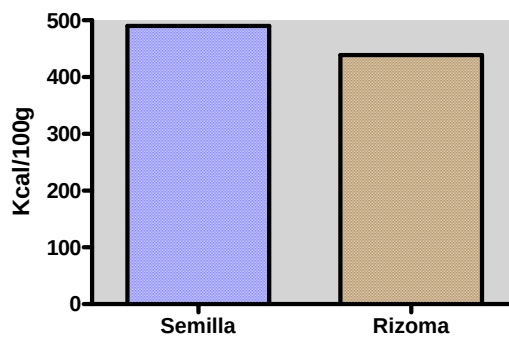


Gráfico 10. Aporte energético (Kcal/100 g) en *Juncus procerus*

Ahora, al comparar semillas de “junquillo chileno”, con los otros granos (Gráfico 11) se observa que la *Juncaceae* supera a los otros alimentos aportando 490,00 Kcal/100 g. A continuación le sigue el arroz, el maíz y el trigo con 413,91; 381,43 y 364,25 Kcal/100 g, respectivamente.

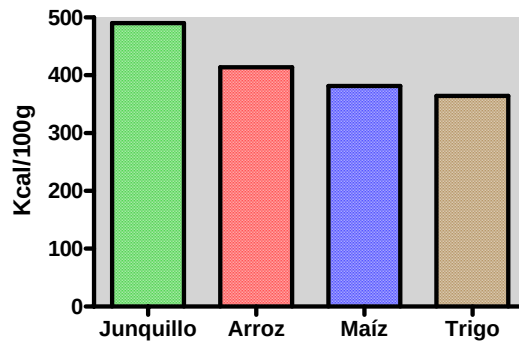


Gráfico 11. Aporte energético (Kcal/100 g) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

En los órganos subterráneos, el rizoma de mandioca hace el mayor aporte de energía (Gráfico 12). Un segundo lugar de importancia lo ocupa el “junquillo chileno” (439 Kcal/100 g) que entrega mayor energía que el tubérculo de la papa (361,50 kcal/100 g).

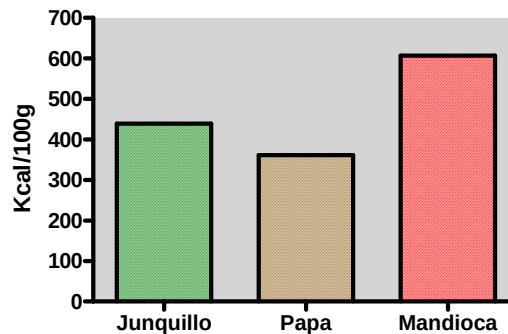


Gráfico 12. Aporte energético (Kcal/100 g) en órganos subterráneos

5.6.3. Proteínas totales

Las proteínas de la dieta aportan los aminoácidos necesarios para la síntesis de las proteínas corporales y de otras sustancias constituyentes del organismo, por lo cual, su función principal es estructural, formando parte de las membranas celulares en tejidos del cuerpo (Rivero *et al.* 1999).

El promedio del contenido proteico en las semillas y rizomas de *J. procerus* se muestra en el Gráfico 13. En él se observa que los órganos diseminantes duplican a los rizomas en cuanto al aporte proteico. De manera que desde el punto de vista de estos compuestos nitrogenados, las semillas serían una interesante fuente en comparación a los rizomas.

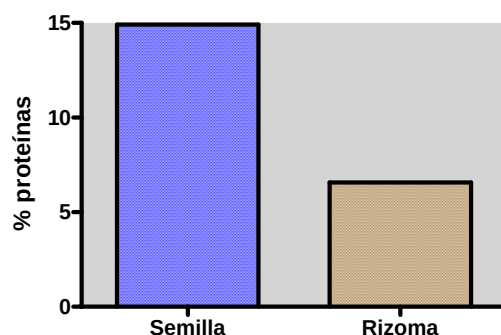


Gráfico 13. Contenido de proteínas (%) en *Juncus procerus*

Esta característica nutricia de las semillas del “junquillo chileno” se corrobora, al compararlas con otras fuentes de almidón de alto consumo mundial, como son el maíz, el trigo y el arroz (Gráfico 14). La *Juncaceae* aporta 14,92 % de proteínas, le sigue el maíz con 11,86 % y los otros granos. Lo anterior deja planteada la necesidad de analizar la composición aminoacídica en futuras investigaciones para nuevas aplicaciones.

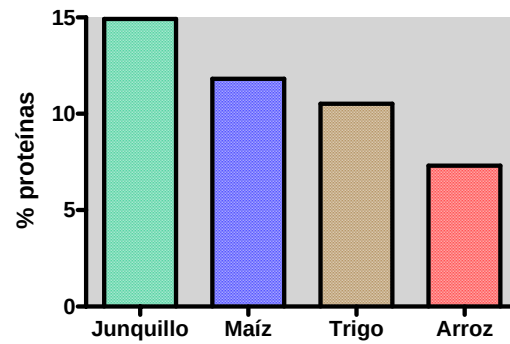


Gráfico 14. Contenido de proteínas (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Al comparar los órganos subterráneos en cuanto al contenido proteico, la relación entre las distintas fuentes cambia bastante (Gráfico 15). Ahora es la papa quien aporta el mayor contenido con un 14,55 %. Con menos de la mitad de lo que contiene la papa, le siguen el “junquillo chileno” (6,57 %) y la mandioca (4,07 %).

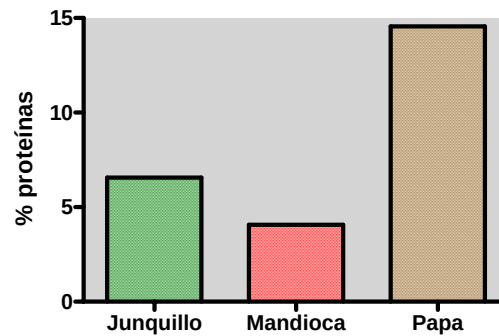


Gráfico 15. Contenido de proteínas (%) en órganos subterráneos

5.6.4. Extracto etéreo (EE)

Esta fracción lipídica es muy baja en ambos órganos de la *Juncaceae* (Gráfico 16) presentando valores que no superaron al 1 %, tendencia que es común en la mayoría de los alimentos de origen vegetal.

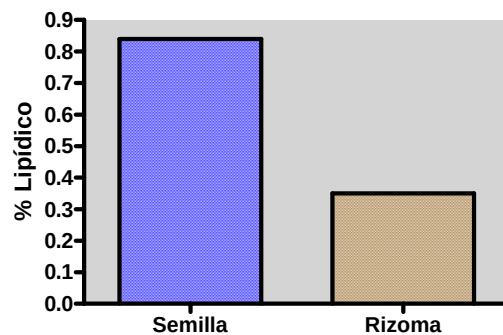


Gráfico 16. Extracto etéreo (%) en *Juncus procerus*

Al comparar la semilla de “junquillo chileno” con otros granos en cuanto a estos compuestos, se observa un aporte igual al arroz (Gráfico 17). Sin embargo, el trigo y el maíz los superan ampliamente con 2,26 y 5,03 %, respectivamente.

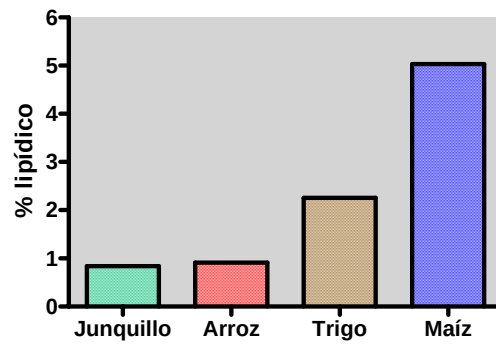


Gráfico 17. Extracto etéreo (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Con respecto a los órganos subterráneos la fracción lipídica de “junquillo chileno” es muy inferior a las otras fuentes consideradas; el tubérculo triplica el contenido y la mandioca lo duplica (Gráfico 18).

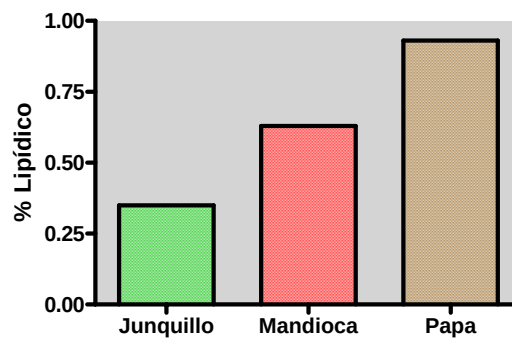


Gráfico 18. Extracto etéreo (%) en órganos subterráneos

El bajo contenido lipídico en la planta estudiada, disminuye la probabilidad que se produzca rancidez, evitando así la consiguiente reducción del valor nutritivo que produce este fenómeno.

5.6.5. Extracto no nitrogenado (ENN)

El promedio del extracto no nitrogenado en las semillas y en el rizoma de *Juncus procerus* se exhibe en el Gráfico 19, observándose una notoria superioridad en los tallos subterráneos con un 62,11 % frente a las semillas (49,13 %).

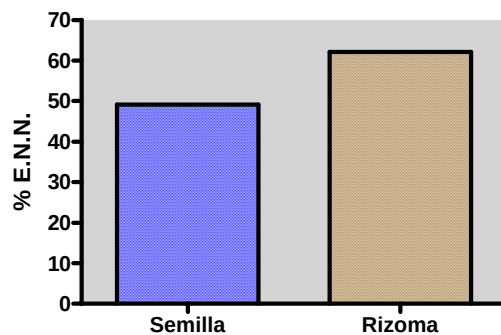


Gráfico 19. Extracto no nitrogenado (%) en *Juncus procerus*

Al comparar el promedio obtenido en la semillas con las demás fuentes presentes en el Gráfico 20, se observa que la *Juncaceae* (49,19 %) tiene valores muy por debajo que los demás alimentos. Trigo, maíz y arroz superan el 75 % en este parámetro.

La misma tendencia se presenta en el ENN de los órganos subterráneos de la planta en estudio, que alcanza un 62,11 %, después le siguen la papa con 77,47 % y la mandioca (88,11 %) (Gráfico 21).

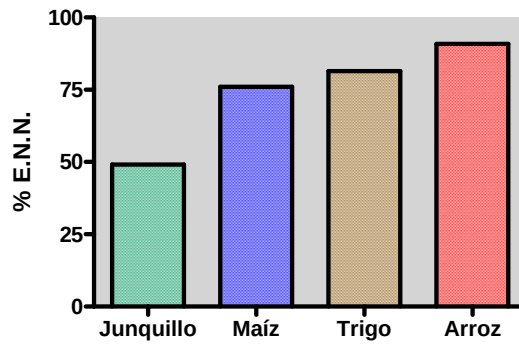


Gráfico 20. Extracto no nitrogenado (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

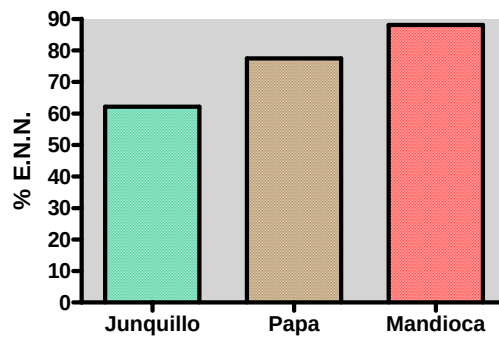


Gráfico 21. Extracto no nitrogenado (%) en órganos subterráneos

5.6.6. Ceniza

El contenido de ceniza corresponde a los elementos minerales totales de un alimento. En el Gráfico 22, se observa el elevado contenido de este componente en las semillas del “junquillo chileno” (8,19 %), con respecto al rizoma (3,55 %).

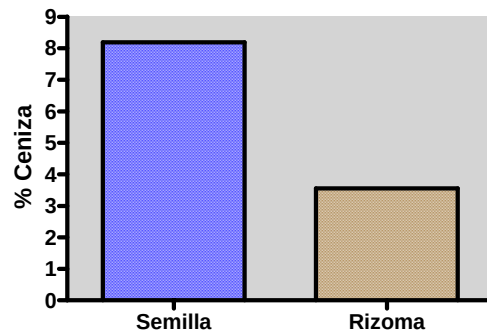


Gráfico 22. Contenido de ceniza (%) en *Juncus procerus*

Igualmente, hay una diferencia notoria al comparar el contenido de ceniza de las semillas de *J. procerus* con los otros granos alimenticios (Gráfico 23) por lo cual se haría necesaria una especificación de estos minerales para evaluar sus características.

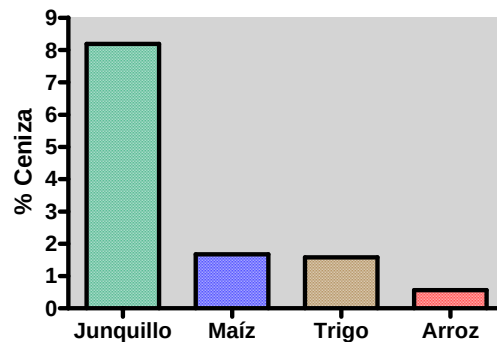


Gráfico 23. Contenido de ceniza (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

En el caso de los órganos subterráneos, el contenido de ceniza del “junquillo chileno” es inferior a las otras fuentes (Gráfico 24). Este se asemeja más al tubérculo de la papa que tiene un 4,23 %. La mandioca, en cambio, los supera ampliamente con un 6,25 %.

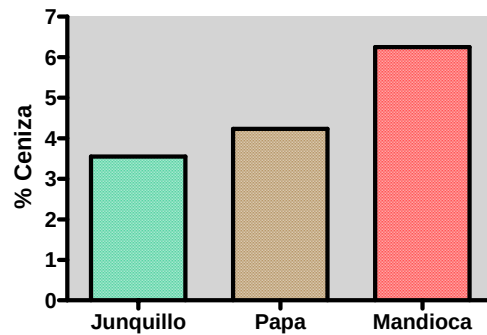


Gráfico 24. Contenido de ceniza (%) en órganos subterráneos

5.6.7. Fibra cruda

El análisis proximal incluye en esta fracción a la celulosa, hemicelulosa y lignina. Este análisis intenta simular los procesos de digestión ácida y alcalina que ocurren en el tracto digestivo.

Semillas y rizomas de *J. procerus* muestran valores semejantes en este parámetro (Gráfico 25). Ambos órganos poseen también una significativa superioridad sobre las demás fuentes de almidón con respecto a este compuesto (Gráficos 26 y 27), lo que haría de *Juncus procerus*, una buena fuente de fibra, con todos los beneficios que estas traen a la salud humana.

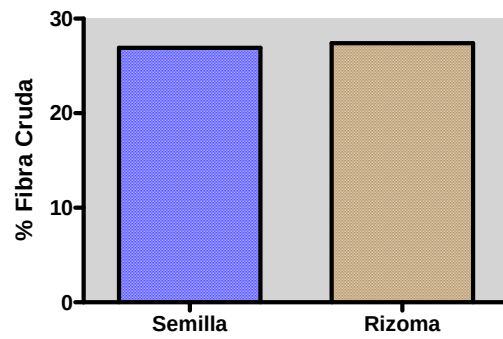


Gráfico 25. Contenido de fibra cruda (%) en *Juncus procerus*

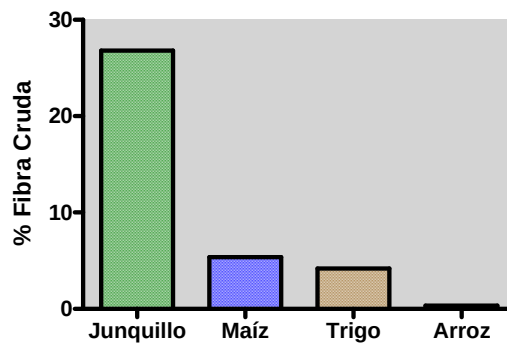


Gráfico 26. Contenido de fibra cruda (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

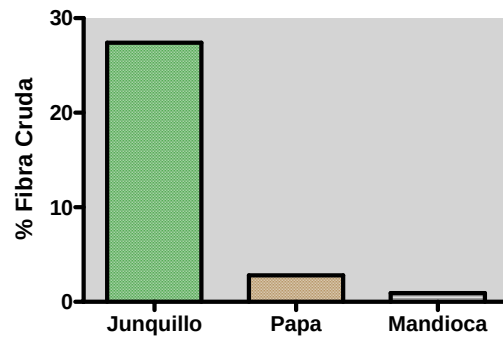


Gráfico 27. Contenido de fibra cruda (%) en órganos subterráneos

Considerando el elevado valor en este parámetro en ambos órganos del “junquillo chileno” y tomando en cuenta el efecto que podría tener este valor en la absorción del almidón, se realizó el análisis de la fibra dietética.

5.6.8. Fibra dietética

La fibra dietética representa a aquellos componentes de una dieta de origen vegetal resistentes a las enzimas digestivas del hombre. En las Tablas 15, 16 y 17, se muestran los valores correspondientes al análisis de fibra dietética total (FDT) y su fraccionamiento en fibra soluble (FDS) e insoluble (FDI) para *J. procerus* y otras fuentes de interés.

Tabla 15. Contenido de fibra dietética (%) en *Juncus procerus*

Fibra Dietética	Semilla	Rizoma
Total	21,90	70,57
Soluble	0,64	2,47
Insoluble	21,26	68,10

Tabla 16. Contenido de fibra dietética (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Fibra Dietética	Arroz*	Maíz**	Trigo*	Junquillo
Total	18,20	12,79	12,30	21,90
Soluble	0,70	1,64	1,90	0,64
Insoluble	17,50	11,15	10,40	21,26

*(Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992); ** (FAO, 1993)

Tabla 17. Contenido de fibra dietética (%) en órganos subterráneos

Fibra Dietética	Papa*	Mandioca**	Junquillo
Total	8,39	8,60	70,57
Soluble	2,22	3,50	2,47
Insoluble	6,17	5,10	68,10

*(Pak, 2000); **(Di-Tanno, 2001)

En la Tabla 15 se observa en la semilla un contenido de FDT de 21,90 %, de la cual 0,64 % corresponde a FDS y 21,26 % a FDI. En el rizoma, en cambio, la FDT alcanza un alto valor de 70,57 %, del cual 2,47 % es FDS y 68,10 % FDI. Hay que considerar que la cantidad de estos componentes puede variar dependiendo del grado de madurez, refinación y del tratamiento tecnológico del alimento.

Al analizar el contenido de FDT en la semilla de *J. procerus* y compararlo con las demás fuentes alimenticias (Tabla 16), se puede observar que la *Juncaceae* y el arroz poseen una cantidad similar de FDT y sus fracciones.

En el caso del rizoma, llama la atención el elevado contenido de fibra dietética que aporta, el cual supera significativamente a los otros alimentos de origen subterráneo (Tabla 17). Sin embargo, alimentos tales como, la acelga, la alcachofa, la coliflor, entre otros, poseen valores cercanos a los encontrados en el “junquillo chileno” (Pak, 2000). Lo anterior hace pensar en la posible significancia fisiológica en la nutrición humana que tendría *J. procerus*, principalmente en los efectos favorables de estos componentes en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, que afectan a un gran porcentaje de la población en estos días.

Pak (2000) plantea que la comparación de los valores de fibra dietética entre distintos alimentos, es dificultoso, porque provienen de la aplicación de diversas técnicas. Además, la

composición de la fibra soluble e insoluble varia también dependiendo de otros factores, como el grado de madurez y diferentes procesos culinarios.

5.7. Contenido de almidón

Los resultados de la determinación química de este polisacárido energético de reserva en semillas y rizomas de *J. procerus* y en otras fuentes alimenticias, se muestran en las Tablas 18, 19 y 20.

Tabla 18. Contenido de almidón (%) en *Juncus procerus*

Órgano	1	2	3	$\bar{X}$	DE
Semilla	49,81	48,62	49,40	49,28	0,49
Rizoma	55,22	54,99	55,17	55,13	0,10

Tabla 19. Contenido de almidón (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Análisis	Arroz*	Maíz*	Trigo*	Junquillo
Almidón	90,82	80,68	71,86	49,28

*(FAO, 1999)

Tabla 20. Contenido de almidón (%) en órganos subterráneos

Análisis	Papa*	Mandioca*	Junquillo
Almidón	79,05	99,40	55,13

*(FAO, 1999)

La Tabla 18 indica que por cada 100 gramos de materia seca, la semilla del “junquillo chileno” aporta 49,28 g de almidón en promedio y el rizoma; 55,13 g, lo que corresponde aproximadamente a un 50 % (Gráfico 28). Este análisis se realizó en triplicado, observándose una

diferencia porcentual mínima en los contenidos de este glúcido, en ambos órganos analizados, lo que ratifica un correcto seguimiento protocolar.

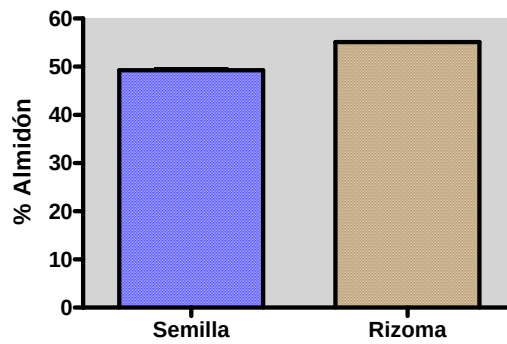


Gráfico 28. Contenido de almidón (%) en *Juncus procerus*

El contenido de este glúcido en las semillas de la *Juncaceae* es muy inferior al presentado en el trigo (71,86 %), el maíz (80,68 %) y el arroz (90,82 %) (Tabla 19, Gráfico 29).

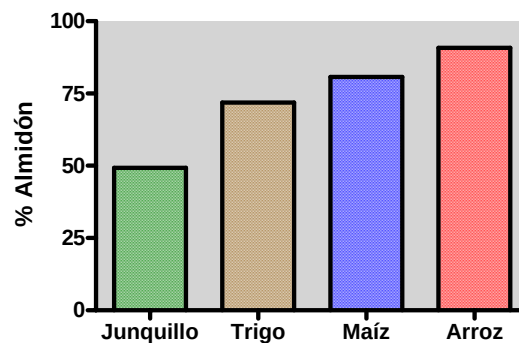


Gráfico 29. Contenido de almidón (%) en semillas de junquillo y en diferentes fuentes alimenticias

Aún cuando el rizoma del “junquillo chileno” tiene mayor cantidad de almidón que sus semillas, ésta es inferior a la encontrada en los órganos subterráneos usados en la comparación (Tabla 20). En el Gráfico 30, se observa que el rizoma de la planta en estudio se asemeja más al tubérculo de la papa, que presenta un 79,05 % de almidón. El caso más alejado a *J. procerus* es el rizoma de la mandioca que contiene un 99,40 % de este compuesto.

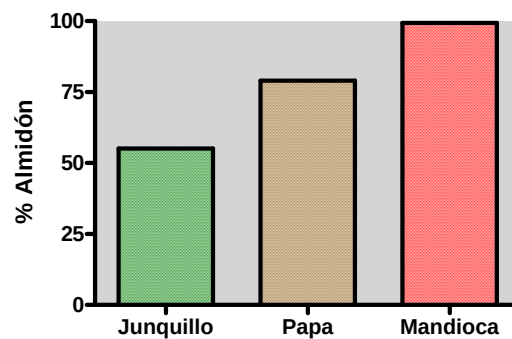


Gráfico 30. Contenido de almidón (%) en órganos subterráneos

Considerando que semillas y rizomas de “junquillo chileno” contienen alrededor de un 50 % de almidón, cifra que no es despreciable, potencialmente se podría incluir a esta planta en la categoría de fuente alimenticia por su aporte en este polisacárido.

5.8. Producción de almidón

Al analizar la producción de almidón en g/m², de las semillas y los rizomas, se observan significativas diferencias (Tabla 21).

El “junquillo chileno” produce un promedio de 323,31 gramos de almidón por m² (Tabla 21). De éstos el 96 % lo aporta el rizoma y un 4 % las semillas (Gráfico 31). El escaso aporte de éstas últimas se debe a su pequeño tamaño, aún cuando se producen en gran cantidad. El rizoma, en cambio, presenta una gran biomasa por unidad de superficie, debido a que es un tallo muy ramificado.

Tabla 21. Producción de almidón (g/m²) en *Juncus procerus*

Órgano	1	2	3	$\bar{X}$	DE
Semilla	10,49	12,85	14,68	12,67	1,72
Rizoma	316,60	198,86	416,45	310,64	88,93
Total	327,09	211,71	431,13	323,31	89,62

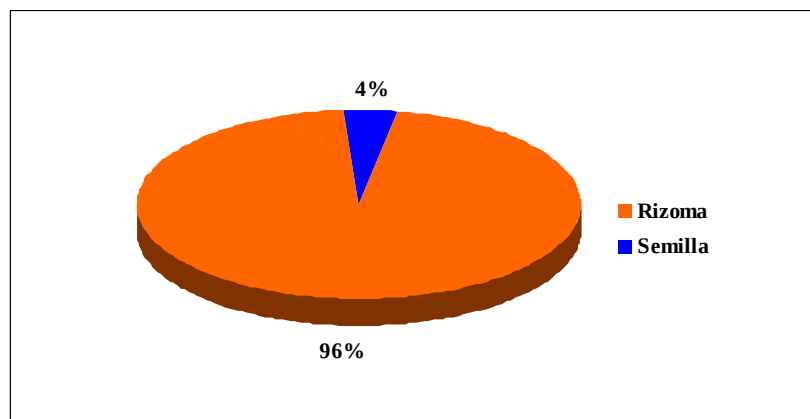


Gráfico 31. Producción de almidón (%) en *Juncus procerus*

5.9. Caracterización morfológica de los gránulos de almidón

Los gránulos de almidón poseen características únicas en cuanto a su forma y tamaño en cada especie vegetal, por lo tanto, caracterizarlo morfológicamente, se ha transformado en un importante criterio de identificación cuando se quiere conocer la procedencia de este polisacárido complejo. *J. procerus* no escapa de esta regla, por lo cual, este estudio contempla la descripción microscópica del gránulo de almidón y su entorno, siendo la primera vez que se realiza este tipo de análisis en ésta planta.

5.9.1. Microscopía óptica

Las muestras microscópicas del parénquima reservante de semillas y rizomas de *J. procerus*, se observan en las Figuras 7a y 7b, respectivamente. Aún cuando se consideraron aumentos de 10X, 40X y 100X para las observaciones, se incluyen las microfotografías captadas con el aumento mayor, ya que así se pueden apreciar con más detalle las características de los gránulos de almidón.

Al comparar ambas imágenes se concluye que no hay diferencias morfológicas entre los gránulos de almidón de las semillas y los rizomas. Estos se caracterizan por ser simples, redondeados y con bordes siempre irregulares. En cada uno de los gránulos se observa además, un hilum o centro de formación central que hace por tanto, que la estratificación del almidón sea concéntrica.

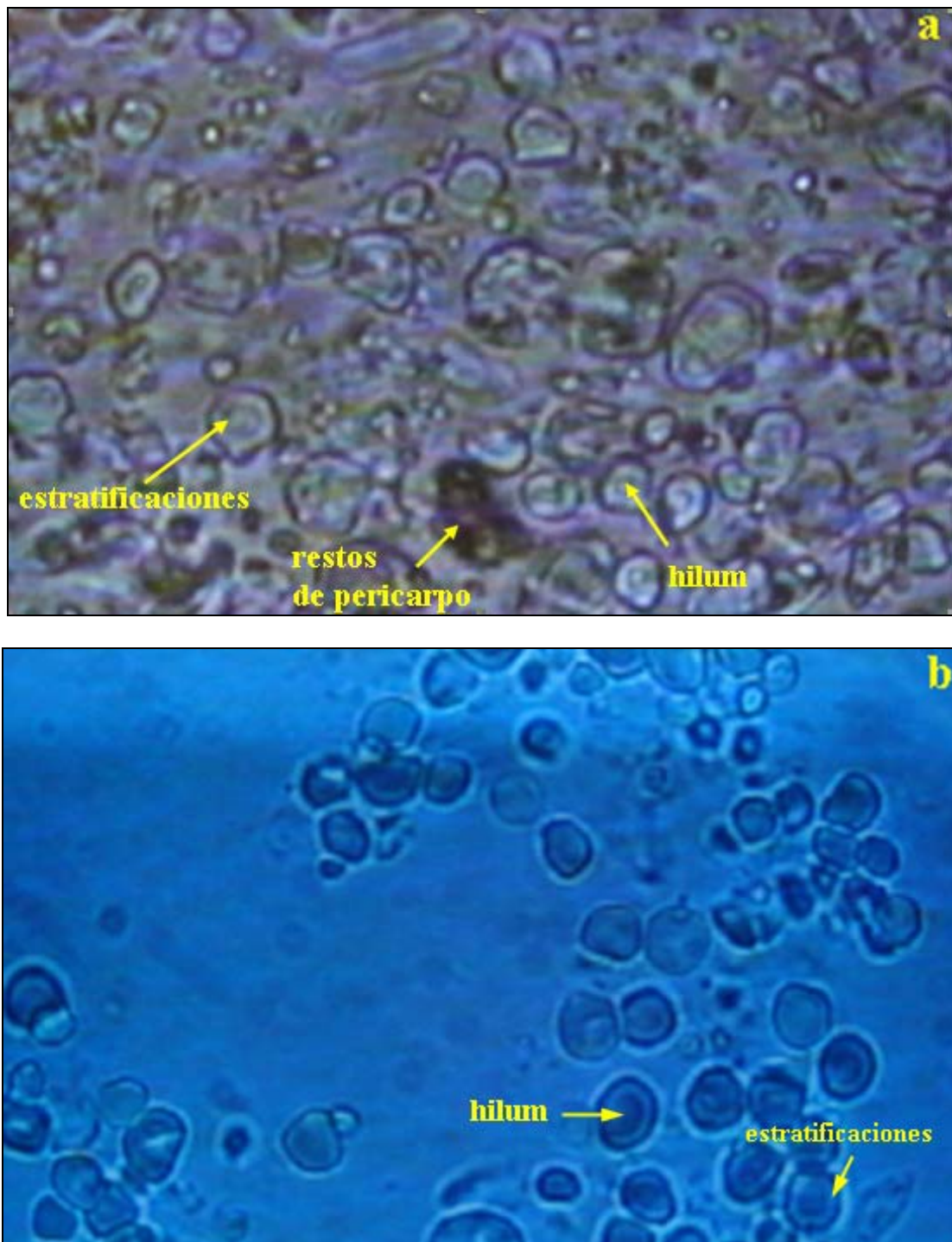


Figura 7. Microfotografía óptica de los gránulos de almidón de *Juncus procerus* (100X):
a) semilla; b) rizoma

5.9.2. Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Con el fin de complementar la información obtenida en el punto anterior, el siguiente paso contempló observaciones al microscopio electrónico de barrido, que entrega una imagen superficial de la muestra, con mayor aumento, permitiendo así una visualización completa de los gránulos, además de la posibilidad de observar características microscópicas propias de su entorno.

Considerando que los gránulos de almidón de las semillas y de los rizomas no presentan diferencias, el análisis sólo se realizó en el rizoma, que además es un órgano que permite un mejor manejo en el tratamiento previo a la observación. De éste modo, se realizaron cortes transversales y longitudinales de los que se entregan varias microfotografías:

En la Figura 8a, se muestra un plano general del órgano subterráneo, del cual se seleccionó una zona para realizar el análisis descriptivo. En la Figura 8b, que muestra un mayor acercamiento, se puede observar la irregular organización de los haces conductores con respecto a las células reservantes de almidón. Por medio de esta misma imagen, se estimó el diámetro aproximado de estos conductos que varió entre 80 y 250 μm .

En la Figura 8c es posible ver mayormente que los gránulos están reunidos en grupos de más de 10 unidades que se ubican hacia las paredes de las células. Las células del parénquima tienen un ancho aproximado que va entre los 5 y 20 μm . También se distinguen en esta fotografía espacios intercelulares lisígenos.

Las paredes celulares en detalle del tejido reservante se pueden observar en la Figura 8d, diferenciándose una estructura fibrilar constituida por tres capas; una media, delgada de aproximadamente $0,3\ \mu\text{m}$ y las otras dos, más gruesas de $1\ \mu\text{m}$.

Internamente, la pared de las células del parénquima reservante, posee una superficie lisa a levemente rugosa la cual, cada cierto tramo, presenta orificios o punteaduras, que permiten el intercambio entre las células (Figura 8d).

Las Figuras 9a y b muestran otro ángulo de las células del parénquima diferenciándose alrededor de 50 gránulos de almidón. La longitud de cada célula alcanza entre 20 y $90\ \mu\text{m}$.

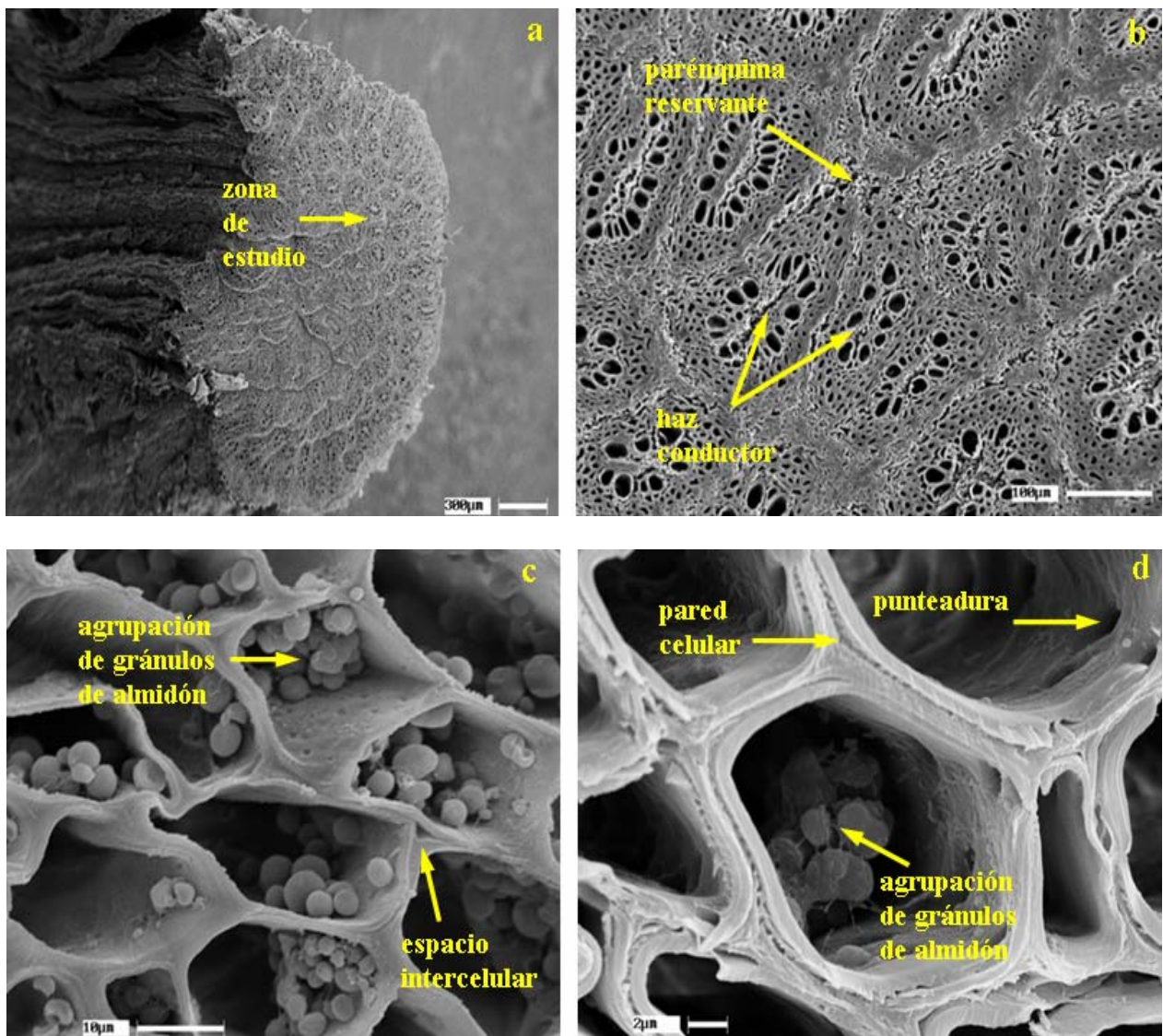


Figura 8. Microfotografías electrónicas de barrido del rizoma de *Juncus procerus* (corte transversal con diferentes acercamientos)

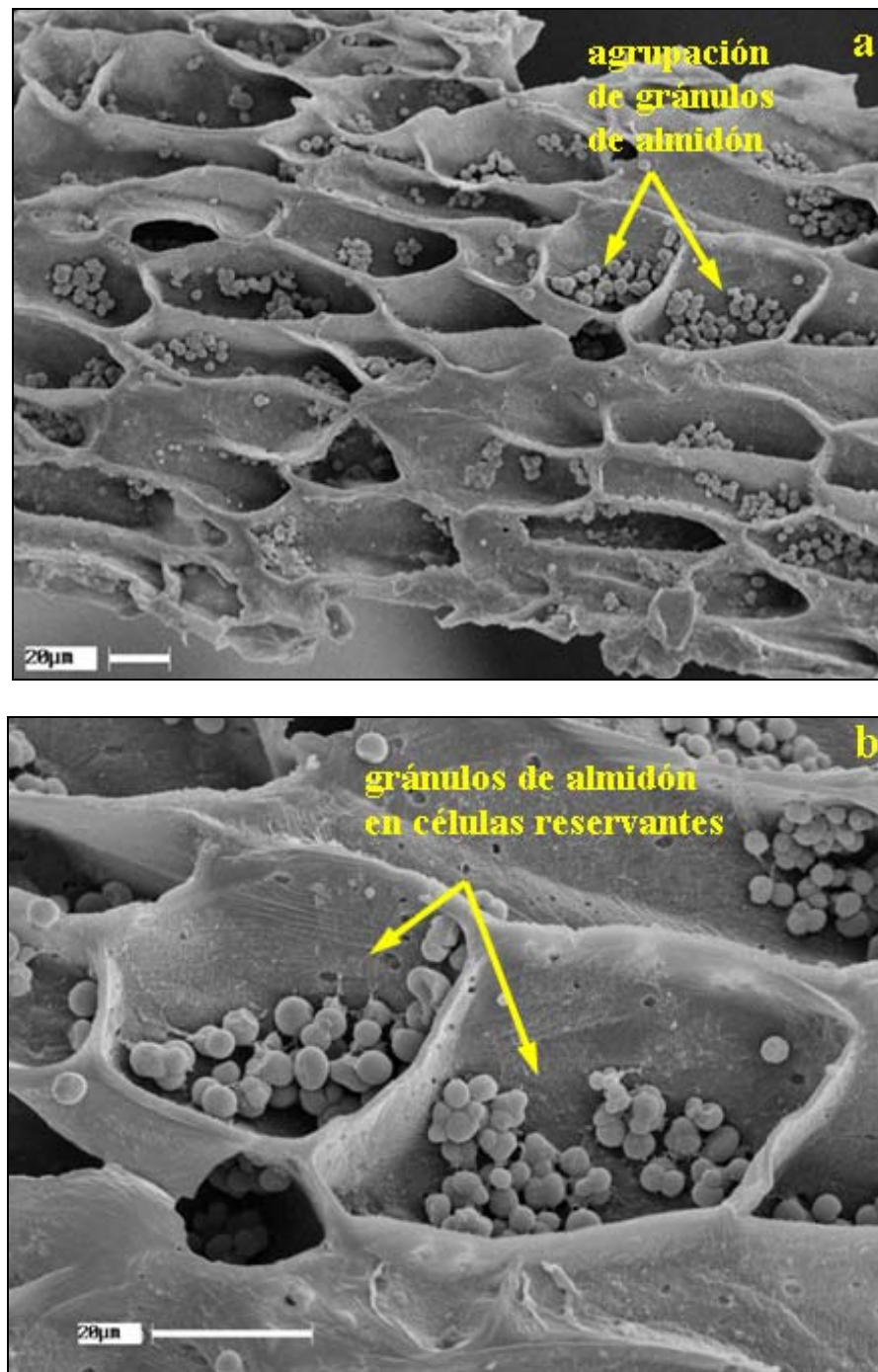


Figura 9. Microfotografías electrónicas de barrido del rizoma de *Juncus procerus* (corte longitudinal en diferentes acercamientos)

La Figura 10, permite hacer un análisis morfológico detallado de los gránulos de almidón. Estos corpúsculos presentan una forma redondeada y lenticular. Su superficie es lisa y su diámetro promedio alcanza los 3 μm fluctuando entre los 1,0 y 8,0 μm .

Estos gránulos se encuentran aislados cuando están maduros o conformando agregados unidos a las paredes celulares cuando son inmaduros. El número de gránulos en éstos agregados es variable.

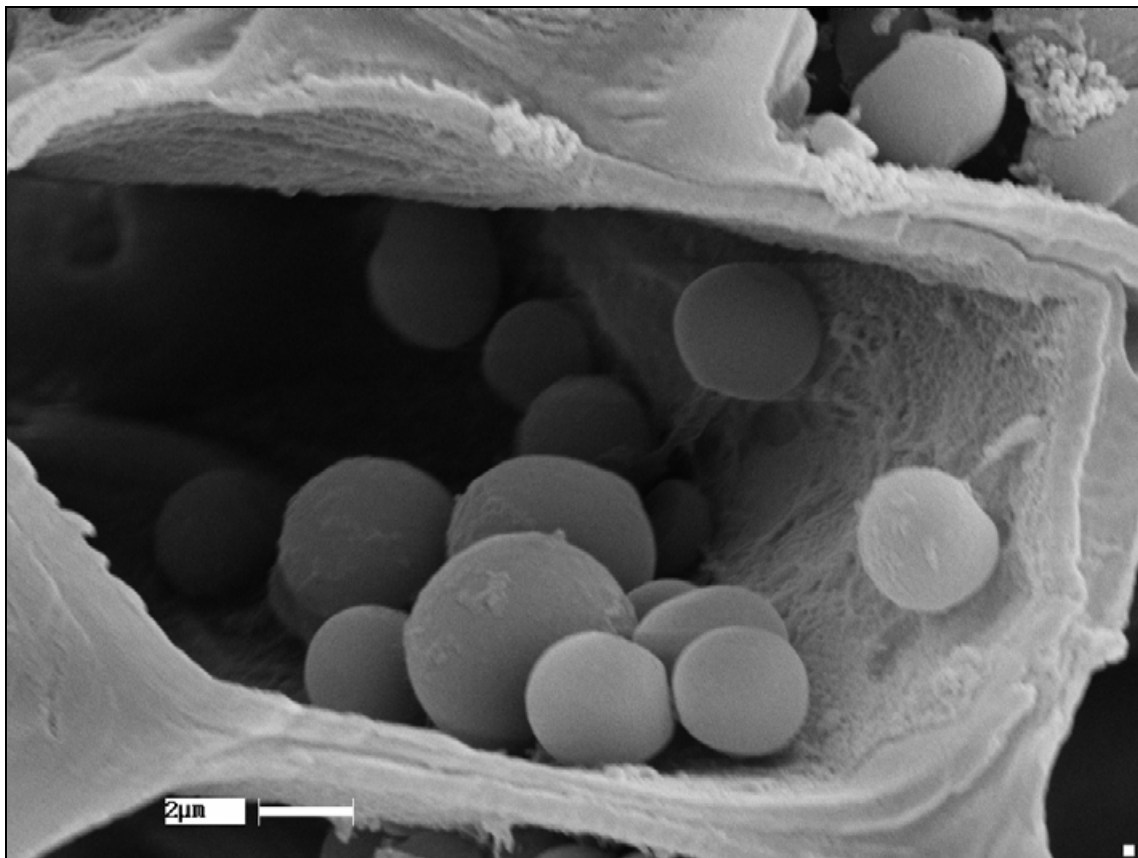


Figura 10. Microfotografía de gránulos de almidón de *Juncus procerus* tomada en el microscopio electrónico de barrido

Al considerar los gránulos de almidón de otras fuentes alimenticias de interés y compararlas con el polisacárido de reserva del “junquillo chileno”, se observa similitud morfológica con el maíz (Figura 11). También se puede ver cierto parecido con los gránulos de almidón del tubérculo de la papa, que son redondeados y de bordes lisos. En cuanto al tamaño, los cinco tipos de almidón usados en ésta comparación superan ampliamente a los de la planta en estudio, siendo los más cercanos los gránulos de almidón del maíz y el arroz. Llama la atención que esta dimensión presenta un rango de variación mucho más estrecho en el “junquillo chileno” (Tabla 22).

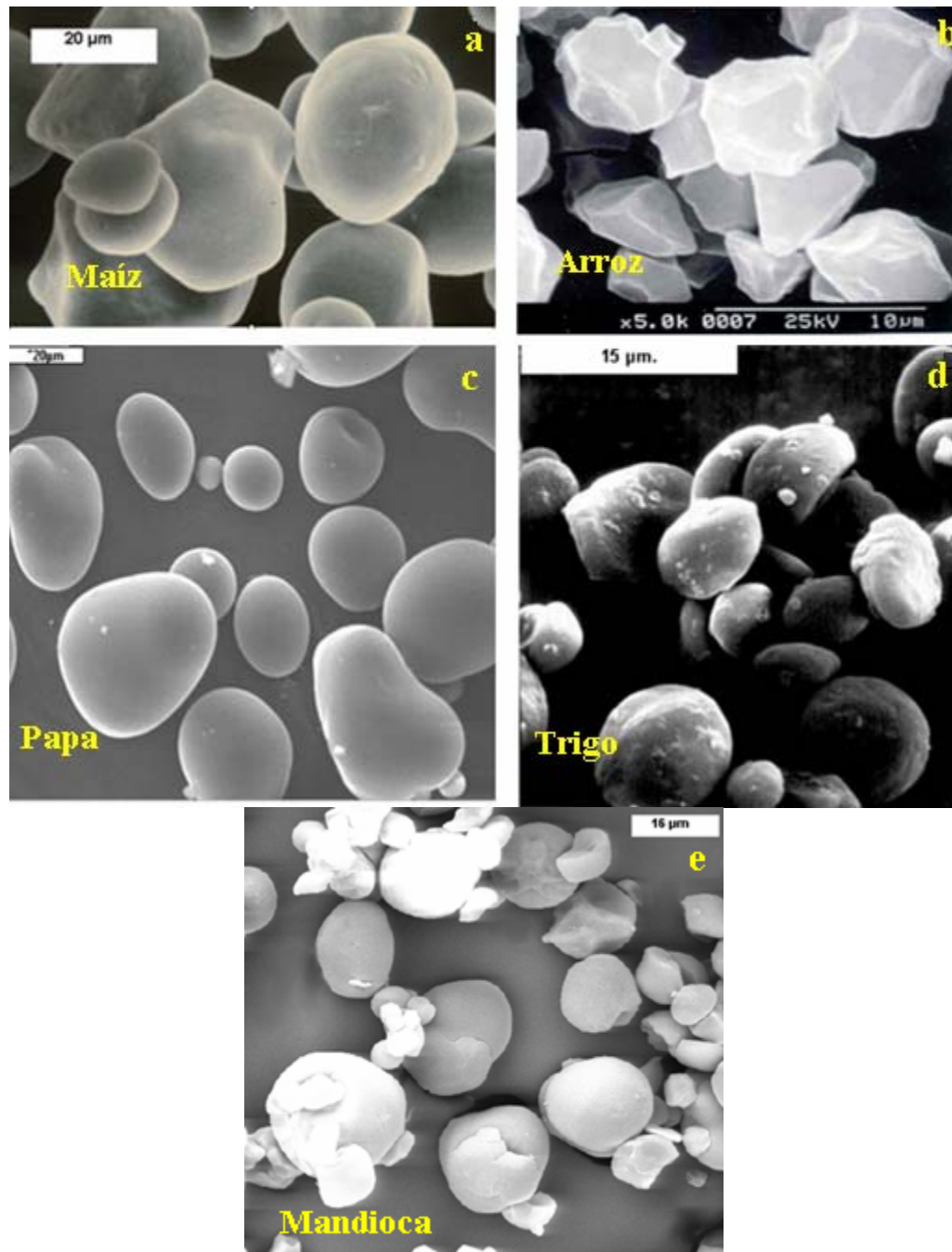


Figura 11. Microfotografías de gránulos de almidón tomada en el microscopio electrónico de barrido en diferentes alimentos (a. Prieto *et al.*, 2005; b. Wang y Wang, 2004; c. Gumul, Gambus y Gibinski, 2005; d. Prieto *et al.*, 2005; e. Garcia y Leonel, 2002)

Tabla 22. Tamaño de los gránulos de almidón (μm) de las fuentes de interés

Fuente	Tamaño (μm)
Maíz*	5 – 25
Arroz*	2 – 55
Trigo*	11 – 41
Papa*	5 – 100
Mandioca*	12 – 17
Junquillo chileno	1 – 8

*(Seidemann, 1966)

5.9.3 Clasificación tipológica del gránulo de almidón

Según los datos obtenidos en los análisis microscópicos, los gránulos de almidón de *Juncus procerus* presentan las siguientes características:

- ✓ Nivel de complejidad: simple
- ✓ Estado: con tendencia a formar grupos
- ✓ Forma: lenticular con tendencia a esférica
- ✓ Bordes: irregulares
- ✓ Disposición de los estratos: concéntricos
- ✓ Posición del hilum: central
- ✓ Tamaño: 1 – 8 μm

6. CONCLUSIONES

Del estudio realizado, se puede concluir con respecto a *Juncus procerus*, lo siguiente:

- Es una planta que presenta alta cobertura y productividad en las praderas húmedas.
- Los órganos aéreos de esta planta producen más biomasa que los subterráneos.
- El contenido hídrico de los órganos subterráneos es mayor que el de los órganos aéreos.
- El contenido de proteínas totales y ceniza es mayor en las semillas que en los rizomas.
- Rizomas y semillas poseen cantidades similares de extracto etéreo y fibra cruda.
- El rizoma supera a las semillas en el extracto no nitrogenado y en el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble.
- El tallo subterráneo y las semillas aportan cantidades similares de energía.
- La planta estudiada presenta un perfil químico semejante a otras fuentes alimenticias de almidón, especialmente, en cuanto al contenido proteico, extracto etéreo, materia orgánica y aporte energético dando una primera aproximación al potencial alimenticio del junquillo.

- El gran aporte de fibra dietética total; soluble e insoluble en los órganos estudiados del “junquillo chileno” y, en especial, del rizoma plantea su posible rol fisiológico nutricional como fuente de fibra especialmente, en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles.
- Considerando la composición proximal, el rizoma de “junquillo chileno” presenta un mayor acercamiento a las características química del tubérculo de la papa, haciéndolo entonces interesante como potencial alimento.
- Semillas y rizomas son potenciales fuentes de almidón en el “junquillo chileno”. En ambos órganos, alrededor del 50 % de su peso seco corresponde a este polisacárido.
- Al considerar la producción de almidón por unidad de superficie, los órganos subterráneos superan ampliamente a las semillas, debido al pequeño tamaño de estas últimas. Sin embargo, considerando los avances tecnológicos y genéticos en mejoramiento de plantas, en el futuro, se podría incrementar el rendimiento de dichos propágulos sexuales.
- Semillas y rizomas presentan un contenido de almidón inferior al de las plantas utilizadas como comparación en este estudio. Pero considerando cada órgano, las semillas del “junquillo chileno” presentan mayor cercanía con los granos de trigo y, los rizomas con los tubérculos de la papa.

- Los gránulos de almidón de la planta estudiada tienen características morfológicas únicas, por lo cual, se pueden utilizar como un criterio de identificación de especies.

- El gránulo de almidón del “junquillo chileno” es del tipo simple, con tendencia a formar grupos, lenticular con tendencia a esférica y de bordes irregulares. El almidón tiene una disposición concéntrica, a partir de un hilum central. El tamaño de este gránulo varía entre 1-8 μm .

- Finalmente, la planta estudiada tiene un potencial alimenticio tanto en semillas como en rizomas, por lo que se da por aceptada la hipótesis planteada en el presente trabajo de tesis. Sin embargo, para completar la evaluación nutricional, es necesario, realizar otros análisis químicos cuantitativos y cualitativos, tales como, determinación de la composición aminoacídica, lipídica y mineral, entre otros. Con respecto al almidón, es importante complementar la información en cuanto a su relación amilosa/ amilopectina, dispersión de partículas y rango de temperatura de gelatinización.

7. BIBLIOGRAFÍA

Albuquerque, T., Miranda, L., Salim, J., Teles, F. y Quirino, J. 1993. Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. *Revista Brasileira da Mandioca* 12 (1): 7 – 12.

AOAC. 1996. Official Methods of Analysis of AOAC Internacional, 13° Editorial Internacional, Geithersburg, MD, USA.

Araya, H. 2000. Valor nutricional de los hidratos de carbono de los alimentos: integración de los estudios químicos y biológicos.

http://www2.anales.uchile.cl/CDA/an_complex/0,1279,SCID%253D3311%2526ISID%253D7%2526ACT%253D0%2526PRT%253D1828,00.html

Araya, H. y Arteaga, A. 1996. Metas nutricionales. En: Nutrición y Salud. Eds. Ruz, M.; Araya, H.; Atalah, E. y Soto, D., Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago. pp. 409-422.

Bateman, J. V. 1970. Nutrición Animal: Manual de Métodos Analíticos. Centro Regional de Ayuda Técnica, México D.F. 468 p.

Besoain, E. 1985. Los suelos En: Suelos volcánicos de Chile. Tosso J (Ed), INIA, Santiago. pp. 25-95.

Biliaderis, C. 1991. The structure and interactions of starch with food. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 69: 60-78.

Bradford, M. 1976. “A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein using the principle of protein dye binding”. *Anal Biochem* 72: 248-254.

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología – Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Editorial H. Blume, Madrid. 820 p.

Bruneton, J. 1991. Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia. Editorial Acribia. S.A., España. 594 p.

Cunningham, A. 2002. Etnobotánica aplicada. Pueblos, uso de las plantas silvestres y conservación. Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo. 310 p.

Digby, P.G. y Kempton, R. A. 1987. Multivariate Analysis of the Ecological Communities. Editorial Chapman and May, London. 206 p.

Di-Tanno, M. 2001. Influência da temperature, tempo e concentração de pectinase na textura, rendimento e características físico-química da mandioca (*Manihot esculenta*) durante fermentação. Piracicaba. 105 p.

Dubois, M., Gwilles, K., Hamilton, J., Rebers, D. y Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chemical* 28: 350-356.

Espinoza, N. 1988. Malezas del sur de Chile: IX-X regiones. Editorial INIA, Santiago. 114 p.

FAO/OMS. 1999. Los carbohidratos en la nutrición humana, Publicaciones FAO, Roma. 152 p.

FAO/OMS. 1993. El maíz en la nutrición humana, Publicaciones FAO, Roma. 172 p.

French, D. 1973. Chemical and physical properties of starch. *Journal of Animal Science* 37 (4): 1048-1061.

Garcia, A.C.D.B. y Leonel, M. 2002. Análises microscópicas de grânulos de amidos de mandioca (*Manihot esculenta*), batata-doce (*Ipomoea batatas*), biri (*Canna edulis*) e taioba (*Xanthosoma* sp.). In: Reunido científica em ciências agrárias do lageado, 9., Botucatu. Anais. Botucatu: Unesp: 21-25.

Gumul, D., Gambas, H. y Gibinski, M. 2005. Air Oxidation Of Potato Starch Over Zinc (II) Catalyst. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, *Food Science and Technology* 8 (4): 10-14.

Hernández M. y Sastre, A. 1999. Tratado de Nutrición. Editorial Díaz de Santos S.A., Madrid. 1476 p.

Heywood, V. H. 1985. Las plantas con flores. Editorial Reverté. S.A., Barcelona. 332 p.

Hoffmann, A., Farga, C., Lastra, J. y Veghazi, E. 1992. Plantas medicinales de uso común en Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago. 273 p.

I.G.M. (Instituto Geográfico Militar). 1983. Listado de nombres geográficos. Tomo I (A-M). Editorial del Instituto Geográfico Militar. Chile. 780 p.

Jury, G., Urteaga, C., Taibo, M. y Cárdenas, R. 1977. Consuma distintos tipos de alimentos durante el día. En: Guía; de Alimentación para la Población Chilena. Eds. Castillo, C.; Uauy, R; Atalah, E., Ministerio de Salud, Universidad de Chile, Santiago. pp. 65-78.

Kreeb, K. H. 1983. Vegetationskunde. Editorial Ulmer, Stuttgart. 331 p.

Lehninger, A., Nelson, D. y Cox. 2001. Principios de Bioquímica. Editorial Omega S.A., Barcelona. 1152 p.

Marticorena, C. y Quezada, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42 (1-2): 1-157.

Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que viven en Chile. Alfabeto Impresores, Santiago. 545 p.

Mitchell, H., Rynberger, H., Anderson, L. y Dibble, M. 1978. Nutrición y dieta de Cooper. Editorial Interamericana S.A., Ciudad de México. 582 p.

Montaldo, P. 1975. Sinecología de las praderas antropogénicas en la provincia de Valdivia, Chile. *Agrosur* 3(1): 16-24.

Montenegro, G. 1984. Atlas de Anatomía de Especies Vegetales Autóctonas de la Zona Central. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 153 p.

Montes, M., Wilkomirsky, T. y Valenzuela, L. 1992. Plantas medicinales. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción. 207 p.

Moore, R., Clark, W. y Vodopich, D. 1998. Botany. WCB/McGraw-Hill, USA. 919 p.

Muñoz, C. 1959. Sinopsis de la flora chilena. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 840 p.

Muñoz M. 1980. Flora del Parque Nacional Puyehue. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 557 p.

Navas, L. 1973. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 1: 1-301.

Pak, N. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile*. Sexta serie, N° 11: 119-130.

Pak, N. 2000. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *ALAN*. 50 (1): 97-101.

Prieto, J., Méndez, M. y Román, A. 2005. Estudio comparativo de características físicoquímicas de cereales Kellogg's. *Revista Chilena de Nutrición* 32 (1): 48-59.

Ramírez, C., Ferriere, F. y Figueroa, H. 1983. Estudio fitosociológico de los bosques pantanosos templados del Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 11-26.

Ramírez, C., Finot, V., San Martín, C. y Ellies, A. 1991. El valor indicador ecológico de las malezas del Centro – Sur de Chile. *Agro Sur* 19 (2): 94-116.

Raunkaier, C. 1937. Plants life forms. Clarendon Press. Oxford. 104 p.

Rivero, M., Riba, M., Vila, L. e Infiesta, F. 1999. Manual de Dietética y Nutrición. AMV Ediciones y Mundi-Prensa. Madrid. 249 p.

Rosen, J y Ramírez, C. 1997. Observations on the present-day (1983) economic plants in the Monte Verde area and their archeological implications. En: T. Dillehay (ed.) Monte Verde a late Pleistocene settlement in Chile 2: The archeological context and interpretation. Schmidtsonian Series in Archeological Inquiry, Schmidtsonian Institution Press., Washington and London. 307-329 p.

Salisbury, F. B y Ross, C. W. 2000. Fisiología de las Plantas. Ediciones Paraninfo S.A., Madrid. 988 p.

San Martín, C., Ramírez, C. y Verdugo, M. 1998. Sinecología de las praderas húmedas de Junquillo en el centro-sur de Chile. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 87-94.

Sass, J. 1958. Botanical microtechnique. The Iowa State College Press., Iowa. 490 p.

Schmidt-Hebbel, H., Pennacchiotti, I., Masson, L. y Mella, M. 1992. Tabla de composición química de alimentos chilenos. Ediciones Universidad de Chile, Santiago. 62 p.

Seidemann, J. 1966. Stärke-Atlas. Grundlagen der Stärke-Mikroskopie und Beschreibug der wichtigsten Stärkearten. Editorial Felgentreff & Co., Berlín. 360 p.

Smith-Ramírez, C., Armesto, J. y Valdovinos, C. 2005. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editorial Universitaria, S.A., Santiago. 708 p.

Steubing, L., Godoy, R. y Alberdi, M. 2002. Métodos de ecología vegetal. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 345 p.

Strasburger, E. 1994. Tratado de Botánica. Editorial Omega, Barcelona. 1068 p.

Subiabre, A. y Rojas, C. 1994. Geografía física de la Región de los Lagos. Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia. 118 p.

Tagle, M. 1980. Nutrición. Editorial Andrés Bello. S.A., Santiago. 2319 p.

Taiz, I. y Zeigen, E. 1988. Plant Physiology. The Benjamin Cumming Publishing Company. Inc., California. 792 p.

Thomas, D. y Atwell, W. 1999. Practical for guides the food industry-starch. Eagan Press, St. Paul. 94 p.

Truswell, A. 1992. Glycaemic index of foods. *European Journal of Clinical Nutrition* 3: 91-101.

Van der Burgt, Y., Bergsma, J., Bleeker, I., Mijland, P., Kamerling, J. y Vliegenhart, J. 2000. Structural studies on methylated starch granules. *Starch/Stärke* 52 (2-3): 40-43.

Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R. y Ramírez, C. (Eds). 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 186 p.

Wang L. y Wang Y. 2004. Application of High- Intensity Ultrasound and Surfactants in Rice Starch Isolation. *Cereal Chemistry* 81 (1): 140-144.

Whistler, R.L. y Daniel, J.R. 1993. Carbohidratos. In: FENNEMA, Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza. p. 81-156.

Wilhelm de Mösbach, E. 1992. Botánica indígena de Chile. Editorial Universitaria S.A., Santiago. 140 p.

Winton, A.L. y Winton, K.B. 1958. Análisis de alimentos. Editorial Hispano Americana S.A., Barcelona. 1205 p.