

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Ingeniería en Alimentos

Revisión sobre las especies *Drosera rotundifolia* y *Pinguicula vulgaris*, y su acción coagulante en la leche

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos.

Profesor Patrocinante : Sr. Erwin Ricardo Carrasco Ruiz – Ingeniero Civil Químico –
Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos.

Esteban Rodrigo Ramírez Carrasco
Valdivia Chile 2004

Contenido

Profesores Informantes . .	1
Dedicatoria .	3
Agradecimientos .	5
RESUMEN .	7
SUMMARY .	7
1. INTRODUCCION .	9
2. MATERIAL Y METODO . .	11
3. PRESENTACION DE RESULTADOS . .	15
3.1. Plantas insectívoras (carnívoras) . .	15
3.1.1. Género <i>Pinguicula</i> . .	19
3.1.2. <i>Pinguicula vulgaris</i> .	29
3.1.3. Género <i>Drosera</i> .	32
3.1.4. <i>Drosera rotundifolia</i> .	38
3.1.5. Plantas insectívoras de Chile . .	43
3.2. Instalaciones para el cultivo artificial de plantas insectívoras .	48
3.2.1. Turberas .	48
3.2.2. Cultivos al aire libre . .	50
3.2.3. Cultivos bajo techo .	52
3.2.4. Mantenición de los cultivos . .	57
3.2.5. Experiencias prácticas en el desarrollo de cultivos artificiales .	59
3.2.6. Cultivos <i>in vitro</i> .	63
3.3. Leches fermentadas .	64
3.3.1. Leches fermentadas de los países nórdicos .	65
3.3.2. Elaboración de la leche filamentososa .	67
3.3.3. Aplicaciones . .	82
4. DISCUSION DE RESULTADOS .	89

5. CONCLUSIONES . .	95
6. BIBLIOGRAFIA .	97
ANEXOS .	105
ANEXO 1. Fotografías de <i>Pinguicula antarctica</i> recolectadas en la cordillera Pelada (cordillera de la costa de La Unión). .	105
ANEXO 2. Fotografía de la hoja de <i>Drosera uniflora</i> , recolectada desde cordillera Pelada. . .	109
ANEXO 3. Cultivos artificiales de <i>Drosera rotundifolia</i> en Finlandia (Fotografías gentileza del Dr. BERTALAN GALAMBOSI). . .	110
ANEXO 4. Dr. BERTALAN GALAMBOSI observando una turbera natural en Puumala, Finlandia. . .	111

Profesores Informantes

Sr. Carlos Ramírez García - Profesor de Biología y Química. Dr. Rer. Nat - Instituto De Botánica.

Sra. Marcia Costa Lobo - Ingeniero Civil Bioquímico - Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos.

Dedicatoria

A ustedes, papá, mamá, tía, y hermanos.

Agradecimientos

Quisiera dar las gracias a todas las personas, que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo de este trabajo, ya sea mediante ideas y propuestas, aportes bibliográficos, o simplemente por estar presentes en los momentos más complicados.

Principalmente quiero dar las gracias a mi profesor patrocinante, Don Erwin Carrasco, por su alto compromiso durante la realización de esta tesis, y por su importante ayuda en la traducción de distintas fuentes de información, que por su procedencia se tornaban particularmente complejas, y que resultaron fundamentales y de gran aporte para el contexto general del informe.

También quiero agradecer a Don Carlos Ramírez, profesor informante, quien aportó con material bibliográfico de gran ayuda, e hizo posible un viaje a la cordillera Pelada, el cual resultó muy didáctico e importante para el desarrollo de discusiones y conclusiones.

Finalmente agradecer al Dr. Bertalan Galambosi, quien de manera desinteresada envió desde Finlandia una serie de trabajos y fotografías. Estos últimos permitieron conocer el enfoque dado, principalmente en el norte de Europa, a ciertos aspectos que se pueden desprender en torno al tema desarrollado.

RESUMEN

Con la finalidad de identificar posibles líneas de investigación y plantear hipótesis para un futuro trabajo experimental, se realizó una revisión bibliográfica sobre especies de los géneros *Drosera* y *Pinguicula*, de los que es sabido que en Europa se han utilizado para coagular la leche. La búsqueda de información se centró en las descripciones botánicas, de las especies europeas y chilenas, información sobre cultivos, y aplicaciones alimentarias en el campo de las leches fermentadas. Se utilizó una estrategia mixta de búsqueda en fuentes de información primaria, secundaria, y terciaria, a través de bases de datos electrónicas (FSTA, ASFA, CAB), impresas (Biological Abstracts) e Internet. De lo recopilado se concluye que las plantas poseen propiedades importantes que las hacen de interés potencial para la generación de nuevos productos y procesos.

SUMMARY

With the purpose of identifying possible lines of investigation and to raise hypothesis for future experimental work, a bibliographical review was made on species of the genres *Drosera* and *Pinguicula*, of which it is known that they have been used in Europe to coagulate milk. The information search was centred in the botanical descriptions of the European and Chilean species, information on cultures, and applications in the field of fermented milks. A mixed strategy of search in primary, secondary and tertiary sources of

information was used, through electronic (FSTA, ASFA, CAB), printed (Biological Abstracts) and Internet data bases. It is concluded that the plants have important properties making them of potential interest for the generation of new products and processes.

1. INTRODUCCION

La conservación de los alimentos es una práctica que ha llevado a cabo el hombre desde hace siglos. El descubrimiento de técnicas como el ahumado, que ocupa un importante lugar en la conservación de carnes y pescado, se remonta a los primeros tiempos de la humanidad. Algo similar ocurre con los alimentos fermentados en el caso de las leches, los que se ven reflejado en sus principales derivados como lo son el queso y el yogurt.

Es conocido que en los países nórdicos de Europa (principalmente escandinavos) existen desde hace mucho tiempo leches fermentadas elaboradas a partir del uso de cierta flora insectívora (carnívora). Estas leches se caracterizarían por la capacidad de almacenarse por periodos muy prolongados a temperatura ambiente, y presentar una densa y espesa textura. Por lo general esta última característica es la que determina sus nombres, los que varían según el país en donde se elaboran. No está claro si estas características se deban a la acción propia de las enzimas presentes en las plantas o a la acción de microorganismos presentes en las hojas, aunque una simbiosis entre ambas tampoco podría ser descartada.

La dispersión de estas plantas es muy amplia e incluye la presencia de algunas especies, pertenecientes a los mismos géneros que las especies europeas, aquí en Chile. Cabe preguntarse entonces si con las especies existentes acá en Chile se pueden elaborar leches similares a las que se producen en Europa. Por esta razón la descripción de las especies europeas, al igual que las especies existentes en Chile, se hace necesaria para determinar el real aporte de estas plantas en la elaboración de estas leches fermentadas. Aspectos que dicen relación con los cultivos naturales y artificiales

de estas plantas, así como las características sensoriales y microbiológicas de estas leches, son importantes de abordar.

La recopilación de antecedentes teóricos y prácticos, nos permitirá conocer las bases y fundamentos para el planteamiento de hipótesis de trabajo, de manera que en el futuro se puedan llevar a cabo investigaciones experimentales con las especies existentes en Chile, al igual como ocurre con las especies europeas.

De las particulares características, de plantas y de leches, se pueden desprender algunas aplicaciones que son interesantes de presentar y rescatar en la siguiente revisión.

Objetivos.

General: Aportar antecedentes acerca de distintos aspectos relacionados con la utilización de las plantas insectívoras.

Específicos: Recopilar información sobre taxonomía, fisiología, distribución geográfica, cultivos, y aplicaciones de dos especies de la flora insectívora.

Dilucidar en base a la literatura el modo de acción, ya sea de las enzimas presentes en la planta o bien microorganismos de la misma, sobre la coagulación de la leche.

Revisar críticamente la literatura, con el fin de establecer hipótesis de trabajo para futuras investigaciones experimentales y de campo, en torno a las especies de esta flora presentes en el país.

2. MATERIAL Y METODO

Para llevar a cabo la presente investigación no fue necesario elaborar y desarrollar un trabajo experimental (laboratorio), puesto que como se planteó en la introducción el objetivo es dejar las bases teóricas para futuras investigaciones en este campo. Sin embargo, como en toda investigación exploratoria, es necesario consignar la forma en como se obtuvieron los resultados. En este caso el material lo constituyen las fuentes bibliográficas, y el método corresponde al sistema empleado para la búsqueda. Ambos se detallan a continuación.

El interés acerca del tema surge por medio de los primeros antecedentes recopilados desde la “Enciclopedia de Tratado de lechería” de FLEISCHMANN (1924), existente en la biblioteca central de la Universidad Austral de Chile (UACH). A partir de esta enciclopedia fue posible conocer algunos nombres, así como características generales, de las leches fermentadas nórdicas filamentosas (viscosas). Además por medio de otras fuentes de información secundaria (diccionarios y revistas de resúmenes), fue posible conocer los nombres, y otros aspectos, relacionados con las plantas que están involucradas en la elaboración de estas leches.

De esta manera en una primera fase, y gracias a los antecedentes recopilados de las fuentes de información secundaria, como manuales, diccionarios especializados y enciclopedias, se logró tener una visión global respecto al curso de la investigación, así como las interdependencias del tema. En este punto de partida también fueron importantes las sugerencias realizadas por los profesores, patrocinante y colaboradores, entendidos en el tema.

Esta primera revisión permitió explorar y elaborar criterios para la búsqueda, con el fin de seleccionar las fuentes más relevantes para llevar a cabo la investigación. Además, en esta primera etapa de búsqueda, la utilización de la red Internet, por medio del buscador “Google”, fue de gran ayuda para ampliar los conocimientos. La rapidez y facilidad de acceso que se tiene hoy en día a esta herramienta la convirtieron en una importante fuente de conceptos y conocimientos respecto al tema.

Posterior a esta etapa, se procedió a realizar una investigación bibliográfica más exhaustiva. El criterio para esta nueva búsqueda se basó en la recopilación de datos generales obtenidos hasta ese momento. Aquí la búsqueda se centró principalmente en los nombres, de géneros y especies, de las dos plantas involucradas en el tema. Términos como: *Lentibulariaceae*, *Droseraceae*, *Pinguicula*, *Drosera*, *Pinguicula vulgaris*, *Drosera rotundifolia*, y términos en inglés como “carnivorous plants”, “sundew” y “butterwort” se usaron como claves para la búsqueda de mayores fuentes de información.

Esta búsqueda se llevó a cabo en una base electrónica, a través del programa “WinSpirs”, desde el laboratorio de computación perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la UACH. A través de este programa se consultaron las bases de datos electrónica (FSTA, ASFA, CAB) ¹ utilizando los términos antes descritos. Las bases de datos consultadas correspondieron a:

FSTA. Base de datos especializada en Ciencias y Tecnología de los Alimentos (Food Sciences and Technology Abstracts), que tiene una cobertura desde el año 1990 en adelante, además del FSTA RETROSPECTIVE, que abarca desde los años 1969 a 1989.

ASFA. Base de datos sobre las Ciencias Acuáticas (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts), que cubre desde el año 1988 en adelante.

CAB. Constituye la más poderosa base de datos referencial en Ciencias Silvoagropecuarias a nivel mundial. Su cobertura abarca desde el año 1990 en adelante.

Paralelo a estas búsquedas, se llevó a cabo la revisión de los tomos existentes en la biblioteca central de la UACH y de la biblioteca del Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL), perteneciente a la misma universidad, correspondientes al:

BIOLOGICAL ABSTRACTS. Esta obra constituye la fuente de información bibliográfica y de resúmenes más completa para la investigación en ciencias de la vida. Abarca a aproximadamente 5500 revistas, además de libros y proceedings de eventos científicos. También incluye reportes de investigación y revisiones. Su cobertura incluye las áreas de botánica, zoología, microbiología, agricultura, farmacología, ecología, medicina, bioquímica, biofísica, bioingeniería y biotecnología (CIENCIAS BIOLOGICAS) ². Los tomos consultados agrupaban investigaciones a partir del año 1923 hasta 1993.

De esta manera se logró obtener una lista de una serie de fuentes bibliográficas con sus respectivos resúmenes (abstracts). De esta lista se recopilaron las obras ubicadas en la biblioteca central de la UACH, mientras que con el resto de las fuentes se elaboró una

¹ FSTA, ASFA, CAB: < <http://www.biblioteca.uach.cl/temp.asp> > Octubre, 2003.

² CIENCIAS BIOLOGICAS: < http://www.puc.cl/sw_educ/gnosis/D/indabs/induac4.htm > Octubre, 2003.

lista. Esta nueva lista fue revisada con la asesoría del profesor patrocinante, con la finalidad de priorizar y seleccionar las obras más relevantes para la investigación. De esta manera, y por intermedio de la biblioteca central (Conmutación Bibliográfica) de la UACH, se realizaron los primeros pedidos. Estos se hicieron a proveedores tanto a nivel nacional como internacional (British Library, Ingenta y Bireme), y su costo fue financiado por el profesor patrocinante de esta tesis.

Durante el tiempo que tardó la llegada del primer pedido, se mantuvo la búsqueda de nueva información por medio de la red Internet.

Durante este período también se realizó una nueva búsqueda en la base de datos electrónica. Esta búsqueda se enfocó a los aspectos del tema que dice relación con la parte láctea. Para ello se utilizaron algunos conceptos extraídos de las fuentes que dieron origen a esta investigación así como de los conceptos obtenidos en Internet. Términos en inglés como: “ropy milk”, “nordic milk”, “ropy sour milk”, y “Scandinavian milk”, sirvieron como entrada para la búsqueda de más información. También los nombres de los productos lácteos como: “Langmjölk”, “Filmjolk”, “Tykmaelk”, “Taette”, “Viili”, y “Skyr”, permitieron acceder a un gran número de obras relevantes para la investigación.

Antes de llevar a cabo este nuevo pedido, ya que las obras de mayor relevancia no se encontraban a disposición en la biblioteca central de la UACH, se realizó una recopilación de las obras más accesibles. De éstas últimas, y en general de todas las recopilaciones realizadas con anterioridad, se efectuó una revisión de las referencias a las que hacían alusión. De esta manera se logró identificar otras obras y autores pertinentes al trabajo, lo cual permitió obtener un conjunto de nuevas referencias y pistas para la investigación. Con estas nuevas fuentes a consultar se llevó a cabo un segundo pedido.

Una vez recopilada la información proveniente del extranjero, correspondiente a fuentes de información primaria y secundaria, se procedió a tabularla según el tema. De esta manera se logró analizar los distintos temas dentro de un contexto más delimitado.

Un aspecto importante, relacionado con las fuentes bibliográficas obtenidas, es que se priorizó a los trabajos de verificación directa, o sea a los artículos originales (fuentes de información primaria). Una gran parte de ellos se logró obtener por medio de las referencias de los trabajos de verificación indirecta, como libros, manuales, normas, revisiones o monografías. En el caso en donde no fue posible acceder a la fuente directa, se consigno (dentro de esta revisión) al autor original señalando la fuente de la cual procede.

También es necesario precisar que prácticamente todas las obras recopiladas se encontraban en idiomas extranjeros. El idioma inglés, seguido por el francés, fueron los más recurrentes. Sin embargo fue necesario traducir algunas obras que se encontraban en otros idiomas no tan universales. El finlandés, sueco, noruego, alemán, y holandés fueron alguno de los idiomas más complejos que hubo que traducir. En este punto la colaboración del profesor patrocinante de esta investigación fue de gran ayuda para la traducción de estas obras europeas.

Haciendo un paréntesis en la cronología de la metodología, se hace importante destacar la participación de otras personas en esta investigación. Entre ellos el apoyo del

investigador Bertalan Galambosi de Finlandia, miembro de la Sociedad Internacional para la Ciencia Hortícola, fue de gran ayuda. Este de manera desinteresada aportó con material bibliográfico y fotográfico de sus investigaciones llevadas a cabo en Europa, en el ámbito de los cultivos de las plantas. También se debe mencionar la colaboración de docentes como don Carlos Ramírez, profesor del Instituto de Botánica de la UACH, quien en diciembre del año 2002 facilitó una visita a la cordillera de la costa de Valdivia, específicamente a la cordillera Pelada, en donde fue posible conocer y fotografiar las especies de plantas chilenas involucradas en el tema (*Pinguicula antarctica* y *Drosera uniflora*). Este tipo de colaboración complementa de manera importante la búsqueda, y estimula el pensamiento crítico para los posteriores análisis.

Como anteriormente se señaló, la búsqueda de información a través de la red Internet se hizo de manera permanente. Esta acción permitió recopilar una gran cantidad de información desde una gran variedad de sitios entendidos y dedicados en la materia (principalmente relacionados con las plantas). Este último punto es importante de destacar ya que algunas citas obtenidas desde Internet a veces proceden de referencias poco claras, es por esta razón que se actuó de forma muy cuidadosa a la hora de seleccionar la información. A pesar de esto se transformó en una fuente de gran ayuda para la recopilación de imágenes y fotografías de todo tipo.

Para finalizar, las distintas fuentes recopiladas fueron leídas en su totalidad, analizando y destacando las ideas principales y secundarias. De esta manera se ordenó de forma definitiva el material bibliográfico, consignando temas y subtemas. A partir de los objetivos planteados, fue necesario presentar la investigación enfocándose en tres aspectos distintos. Así, la descripción de los géneros de plantas y sus respectivas especies, la utilización de cultivos e instalaciones, y la relación existente entre las plantas y el área de los productos lácteos, constituyeron las partes más relevantes de este informe.

Por último, la evaluación e interpretación de las coincidencias y discordancias del material analizado, así como la formulación de opiniones, planteamiento de hipótesis, y desarrollos futuros posibles y deseables, fueron abordados en las discusiones y conclusiones de la presente investigación.

3. PRESENTACION DE RESULTADOS

3.1. Plantas insectívoras (carnívoras)

Las plantas insectívoras son vegetales capaces de nutrirse parcialmente de animales, en especial de insectos, que capturan. La razón de tal comportamiento se debe generalmente a que estas plantas están adaptadas a vivir en ambientes muy pobres en nutrientes, tales como turberas, humedales, pantanos ácidos y laderas de piedra caliza. Casi todas crecen en donde el suelo es ácido y pobre en nitrógeno asimilable, así en estas condiciones, capturar insectos es una forma de obtener compuestos nitrogenados sin necesidad de sintetizarlos (ZAMBRANA, 2001).

El término “carnívora” para referirse a estas plantas fue utilizado por primera vez por Diderot, citado en HESLOP-HARRISON (1976), entre los años 1774 y 1780. Desde entonces e incluso mucho antes, como la descripción que hace Platearius de la *Drosera* a fines del siglo XV (BAFFRAY et al., 1989), han acaparado la admiración y estudio de múltiples investigadores. Entre otros destaca Charles Darwin, quien demuestra su obsesivo interés al escribir a su amigo Sir Charles Lyell, en 1860, lo siguiente: “estoy más interesado por *Drosera* que por el origen de todas las especies del mundo”. Esta obsesión se vio reflejada finalmente, en el año 1875, en su libro “Insectivorous plants” (HESLOP-HARRISON, 1976).

En el CUADRO 1 se presenta una cronología que permite tener una visión general a cerca del interés que han despertado estas plantas.

CUADRO 1. Cronología de las primeras publicaciones de algunos géneros de plantas insectívoras.

Primeras descripciones o ilustraciones			Año
<i>Drosera</i>	= herba sole	" <i>Livre des simples médecines</i> "	Siglos
	= lunaria major	M. Platearius	XII–XV
<i>Pinguicula</i>	= zitroch chrawt	" <i>Macer de herbarium</i> "	1479
		V. Auslasser	
<i>Sarracenia</i>	= thuris limpidi folio	" <i>Nova stirpium adversaria</i> "	1576
		M. de Lobel	
<i>Utricularia</i>	= millefolium	" <i>Icones stirpium plantarum</i> "	1591
	aquaticum	M. de Lobel	
<i>Nepenthes</i>	= anramitaco	" <i>Histoire de la grande Isla de Madagascar</i> " E. de Flacourt	1658
<i>Drosophyllum</i>	= chamaeleontioïdes	" <i>Viridarium lusitanum</i> "	1661
		G. Grisley	
<i>Aldrovanda</i>	= lenticula palustres	" <i>Phytographia</i> " L. Plukenet	1691
	= aldrovandia indica	" <i>Comment. Boniniensi scient.art.instit.academia</i> "	1747
		G. Monti	
<i>Dionaea</i>	= match fly sensitive	" <i>Leerte à P. Collins, 2 avril</i> "	1759
-	-	A. Dobbs	-

FUENTE: BAFFRAY et al. (1989).

Se estima que existen cerca de 600 especies de plantas carnívoras (ZAMBRANA, 2001). Todas ellas se ubican en el "Reino" denominado *Plantae*. La subdivisión de reino es "División". Las plantas carnívoras están en la división llamada *Antophita*, esta es la división de las angiospermas, o plantas florales. La próxima subdivisión se conoce como "Clase", casi todas pertenecen a la clase de las *Dicotiledóneas*, sólo unas pocas pertenecen a las *Monocotiledóneas*. Los próximos niveles de subdivisión corresponden a "Orden", "Familia", "Genero", y "Especie" (GREUTER y RAVEN, 2000).

En el siguiente cuadro se presenta la clasificación de los géneros *Pinguicula* y *Drosera*, entre otras, además del número aproximado de especies que existen por cada género.

CUADRO 2. Clasificación de algunos géneros de plantas insectívoras.

Clase	Orden	Familia	Género	Especies
D			<i>Utricularia</i>	213
i			<i>Biovularia</i>	1
c	<i>Scrophulariales</i>	<i>Lentibulariaceae</i>	<i>Polypompholyx</i>	2
o			<i>Genlisea</i>	20
t			<i>Pinguicula</i>	72
i				
l			<i>Aldrovanda</i>	1
e				
d				
ó	<i>Nepenthales</i>	<i>Droseraceae</i>	<i>Dionaea</i>	1
n				
e				
a			<i>Drosera</i>	152
s	-	-	-	-

FUENTE: Komiya, Juniper y otros citados por HONDA (2001); JUNIPER y SCHLAUER (2001).

Para lograr capturar insectos y ser considerada una planta carnívora, ésta debe tener las siguientes características. Primero, atraer a la presa (olor, color, néctar, etc.); segundo, tener adaptaciones específicas para atrapar la presa (trampa de fosa, trampa bisagra, trampa del papel matamoscas, etc.); y por último, tener adaptaciones para utilizar la presa (enzimas digestivas, hongos simbióticos, bacterias, etc.) (ZAMBRANA, 2001).

En el CUADRO 3 se resumen los distintos modos de capturas de algunos géneros, además de los sistemas de digestión que utilizan.

CUADRO 3. Tabla sinóptica del modo de captura y de digestión.

LA PLANTA	LA TRAMPA					LA DIGESTION									
Género:							Enzimático								
	Pisagra	Aspiración	Mucilago	Uñas	Muco (cerca)	Con movimiento	Pantufiana exclusiva	Trinitras	Peroxidasas	Almidonolisis	Lipolisis	Estereolisis	Fosfolipolisis	Amilolisis	Invertasa
<i>Drosera</i>	•					•		•				•	•		
<i>Pinguicula</i>			•			•		•	•			•	•		
<i>Sesuvium</i>					•			•				•	•		
<i>Hobanphora</i>				•			•								
<i>Cephaelis</i>				•				•		•	•	•	•		
<i>Pinguicula</i>			•			•		•		•		•	•	•	
<i>Sarracenia</i>				•				•							•
<i>Utricularia</i>		•				•		•				•	•		

FUENTE: BAFFRAY et al. (1989).

En la naturaleza, las plantas carnívoras al igual que otras, tienen a su disposición dos medios de reproducción, uno sexual y otro asexual. La reproducción sexual tiene por resultado la producción de semillas, las que se obtienen tras la polinización. Esta última puede ser dioica (plantas con flores unisexuales en las que en un mismo individuo sólo existen flores de un único sexo), o monoica (plantas en las que concurren en un mismo individuo flores de los dos sexos o flores hermafroditas). A la polinización de las plantas dioicas se le llama exogamia, la cual se efectúa de una planta masculina a una planta femenina, y en general se produce por intermedio de los insectos (entomofilia). En las plantas hermafroditas se llama a la polinización endogamea, si se realiza a nivel de una misma flor por autofecundación o entomofilia; o alogamea, si resulta del transporte del polen de la flor de un individuo bisexual al estigma de otra flor, del mismo individuo u otro. En este último caso se llama a la fecundación alo cruzada (BAFFRAY et al., 1989).

En el siguiente cuadro se pueden ver las distintas formas de reproducción sexual en algunos géneros de plantas carnívoras.

CUADRO 4. Modo de polinización de algunos géneros de plantas.

Genero	Endogamia	Alogamia	Exogamia
<i>Dionaea</i>	•	•	
<i>Drosera</i>	•	•	
<i>Nepenthes</i>			•
<i>Pinguicula</i>	•	•	
<i>Byblis</i>	•		
<i>Utricularia</i>	•	-	-

FUENTE: BAFFRAY et al. (1989).

Entre dos especies genéticamente compatibles, continúan BAFFRAY et al. (1989), pueden producirse fenómenos de hibridación que generan plantas que heredan los caracteres de los dos padres. Los géneros *Drosera*, *Nepenthes*, *Pinguicula* y *Sarracenia* proporcionan una serie de híbridos naturales.

La reproducción asexual, por otra parte, se ve reflejada en distintas formas de multiplicación. Esta origina individuos genéticamente iguales, por la fragmentación de un aparato vegetativo. Esta puede ocurrir a partir de brotes axilares, de raíces (ejm: *Cephalotus* y *Drosera*), de los rizomas (ejm: *Darlingtonia*, *Heliamphora*, *Sarracenia*), y troncos o cuello (ejm: *Drosera*, *Pinguicula* y *Utricularia*) (BAFFRAY et al., 1989).

Es perfectamente complementario que estos dos tipos de reproducción coexistan en la naturaleza (sexual y asexual). En cultivos artificiales, su utilización trajo la puesta a punto de varios métodos de multiplicación tanto sexual como vegetativa, según BAFFRAY et al. (1989).

El cultivo de estas plantas ha abierto la posibilidad de extender sus usos. Ya no sólo acaparan el interés de profesionales ligados con la botánica u otras ciencias relacionadas con la biología, si no que además sus particulares características hacen extensible sus usos a otras áreas. Además de utilizarlas en decoración ornamental (*Sarracenia leucophylla*, en EEUU), destacan la utilización de algunas especies para la fabricación de cuerdas, como la *Nepenthes ampullaria* en Indonesia. También existen especies que poseen algunas características que hacen extensibles sus usos en la parte alimentaria, aquí destacan: la *Nepenthes spp.*, que en Filipinas se usa para preparar arroz al vapor; la *Byblis*, que se usa como edulcorante para alimentos en Australia; y la *Drosera* y *Pinguicula* que son usadas como cuajo para elaborar leches en los países nórdicos de Europa (CLARKE et al., 2001).

A continuación se presenta la descripción de los géneros y las especies involucradas en la elaboración de las leches producidas en el norte de Europa.

3.1.1. Género *Pinguicula*

3.1.1.1. Introducción

El termino *Pinguicula* fue utilizado por primera vez por Gesner en el año 1555 (citado en LEGENDRE, 2000). Sin embargo BAFFRAY et al. (1989), señalan que Auslasser ya la había descrito en su libro “Macer de herbarium” con el nombre de “zitroch chrawt” hacia el

año 1479. El nombre *Pinguicula* deriva del latín “pinguis”, que significa grasa, esto debido a lo pegajosa y grasienta que resulta la hoja al tacto, por esta característica la planta se ubica entre las más eficientes atrapadoras de insectos (LEGENDRE, 2000).

3.1.1.2. Descripción

El género *Pinguicula* pertenece al orden *Scrophulariales*. Dentro de éste, se ubica en la familia *Lentibulariaceae*, en donde encontramos aproximadamente a 79 especies (JUNIPER y SCHLAUER, 2001). Son plantas perennes, herbáceas, terrestres, de colores variables, a menudo delicados, como amarillo, verde, rosa o pardo (BAFFRAY et al., 1989). Todas las especies pertenecientes a este género constan de un corto tallo vertical sostenido por una base en forma de roseta, formada por hojas compactas, las cuales tiene una forma mas o menos ovalada (LEGENDRE, 2000).

Según Casper y Steiger, citados en LEGENDRE (2000), las especies de *Pinguicula* pueden ser agrupadas en dos categorías según su ciclo anual de crecimiento, existiendo aquellas de crecimiento del tipo tropical, y las otras del tipo temperado. Esta última se diferencia por presentar un capullo invernal.

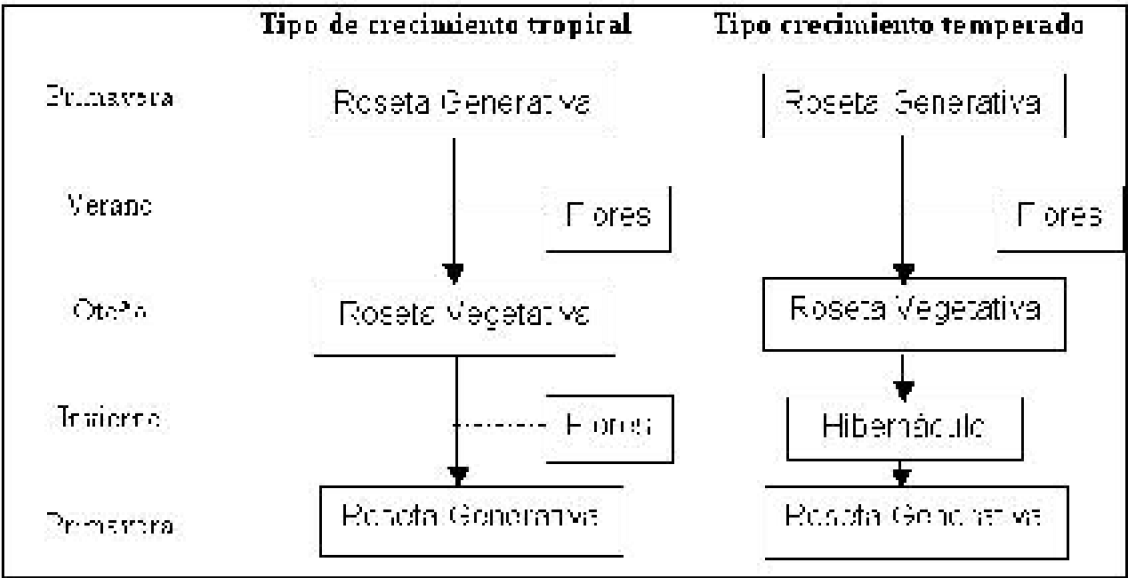


FIGURA 1. Ciclo de crecimiento de las especies del género *Pinguicula*.

FUENTE: LEGENDRE (2000).

El capullo invernal, llamado hibernáculo (ver FIGURA 1), no es carnívoro y se ajustan fuertemente a la planta con la finalidad de protegerla durante los períodos más fríos. Es por esta razón que en general las especies de *Pinguicula* pueden crecer bajo condiciones húmedas y muy lluviosas durante todo el año (LEGENDRE, 2000).

En el CUADRO 5 es posible ver la disposición de las distintas especies de *Pinguicula* según su ciclo de crecimiento, además de dividir las según la disposición de sus hojas en la roseta.

CUADRO 5. Clasificación del tipo de crecimiento en el género *Pinguicula*.

Tipo de crecimiento	Tropical			Temperado
Homófilo (hojas de la roseta dispuestas en forma regular)	<i>P. agnata</i>	<i>P. crystallina</i>	<i>P. lignicola</i>	<i>P. algida</i>
	<i>P. albida</i>	<i>P. emarginata</i>	<i>P. lilacina</i>	<i>P. alpina</i>
	<i>P. antarctica</i>	<i>P. filifolia</i>	<i>P. lusitanica</i>	<i>P. corsica</i>
	<i>P. benedicta</i>	<i>P. gigantea</i>	<i>P. lutea</i>	<i>P. grandiflora</i>
	<i>P. caerulea</i>	<i>P. gracilis</i>	<i>P. planifolia</i>	<i>P. leptoceras</i>
	<i>P. calyptrata</i>	<i>P. greenwoodii</i>	<i>P. primuliflora</i>	<i>P. macroceras</i>
	<i>P. casabitoana</i>	<i>P. immaculata</i>	<i>P. pumila</i>	<i>P. nevadensis</i>
	<i>P. chilensis</i>	<i>P. involuta</i>	<i>P. sharpii</i>	<i>P. ramosa</i>
	<i>P. clivorum</i>	<i>P. ionantha</i>	<i>P. takakii</i>	<i>P. variegata</i>
	<i>P. crenatiloba</i>	<i>P. jackii</i>		<i>P. villosa</i>
				<i>P. vulgaris</i>
Heterófilo (hojas de la roseta dispuestas en formas irregulares)	<i>P. acuminata</i>	<i>P. heterophylla</i>	<i>P. moranensis</i>	<i>P. balcanica</i>
	<i>P. colimensis</i>	<i>P. imitatrix</i>	<i>P. oblongiloba</i>	<i>P. longifolia</i>
	<i>P. crassifolia</i>	<i>P. jaumavensis</i>	<i>P. orchidioides</i>	<i>P. mundi</i>
	<i>P. cyclosecta</i>	<i>P. kondoii</i>	<i>P. rectifolia</i>	<i>P. vallisneriifolia</i>
	<i>P. debbertiana</i>	<i>P. laeana</i>	<i>P. rotundiflora</i>	
	<i>P. ehlersiae</i>	<i>P. laxifolia</i>	<i>P. stolonifera</i>	
	<i>P. elongata</i>	<i>P. macrophylla</i>	<i>P. utricularioides</i>	
	<i>P. esseriana</i>			
	<i>P. gypsicola</i>	<i>P. mesophytica</i>	<i>P. parvifolia</i>	
	<i>P. hemiepiphytica</i>	<i>P. mirandae</i>	<i>P. potosiensis</i>	
-	-	<i>P. moctezumae</i>	<i>P. zecheri</i>	-

FUENTE: LEGENDRE (2000).

3.1.1.3. Distribución

La mayoría crece en regiones árticas, alpinas y regiones templadas del hemisferio norte, sólo unas pocas se ven favorecidas en regiones tropicales de Norte y Centro América así como el Caribe donde cruzan el Ecuador. Algunos miembros están establecidos en el lado oeste de Sudamérica, todas en el zona sur de Chile (LEGENDRE, 2000).

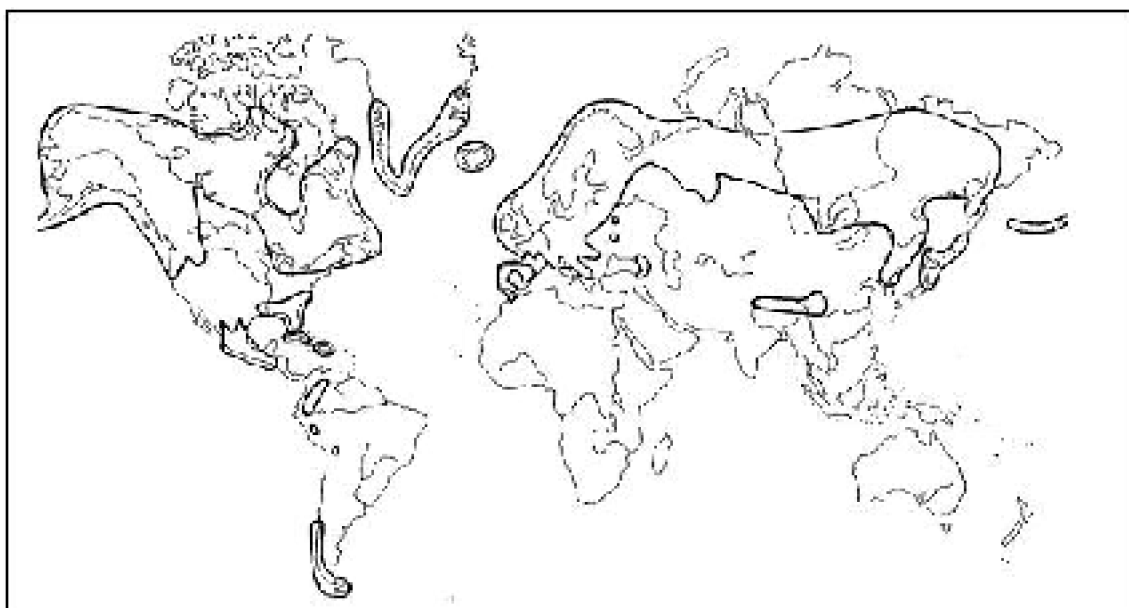


FIGURA 2. Distribución mundial del género *Pinguicula*.

FUENTE: LEGENDRE (2000).

3.1.1.4. Atracción, movimiento y captura

Cómo los insectos son atraídos a la hoja de las *Pinguicula* no está claro. Sin embargo, el efecto reluciente de muchas glándulas presentes en la superficie de la hoja, las cuales son altamente brillantes bajo la luz, ha sido sugerido por Juniper, citado en LEGENDRE (2000), como uno de los modos de atracción.

Este efecto se puede apreciar en la siguiente fotografía, en donde se ven claramente las gotas adhesivas.



FIGURA 3. Fotografía de las gotas adhesivas de *Pinguicula*.

FUENTE: MAROZZA (2003)³.

HESLOP-HARRISON (1976), afirma: “Las glándulas pedunculadas de la hoja de *Pinguicula* están adaptadas para la captura de insectos. Cada una de ellas sostiene una gotita de una secreción de muco polisacárido, que al contacto con la presa se estira en forma de cables que proporcionan un punto de anclaje, es decir un mecanismo del tipo del papel atrapamoscas”. Luego de la captura de la presa, señala el mismo autor, siguen en *Drosera* y *Pinguicula* los movimientos de enroscamiento de la hoja que producen antes de la digestión un área mayor de contacto glandular, formando lo que Darwin denominó “estómago provisional”.

En la siguiente fotografía se puede apreciar la captura de una mosca sobre la hoja de una especie del género *Pinguicula*.

³ MAROZZA, L. 2003: < <http://web.tiscali.it/domare/pinguicula%20x%20weser.htm> > Septiembre, 2003.



FIGURA 4. Mosca capturada por la hoja de Pinguicula primuliflora.

FUENTE: RAHMACHER ⁴.

HESLOP-HARRISON (1978), señala que en este género existen dos clases de glándulas en la superficie foliar. Unas son las glándulas pedunculadas, que vierten gotas de secreción al llegar a la madurez y que están relacionadas con la captura de la presa. Y las otras, sin pedúnculo o glándulas sésil, que permanecen secas hasta su estimulación, momento en que de su poro emana una secreción viscosa que contiene las enzimas digestivas.

Estas glándulas están claramente esquematizadas en la siguiente figura, de modo de entender cómo los insectos pueden ser atrapados por las hojas.

⁴ RAHMACHER, A.: < <http://www.panama01.de/bestimmung.html> > Octubre, 2003.

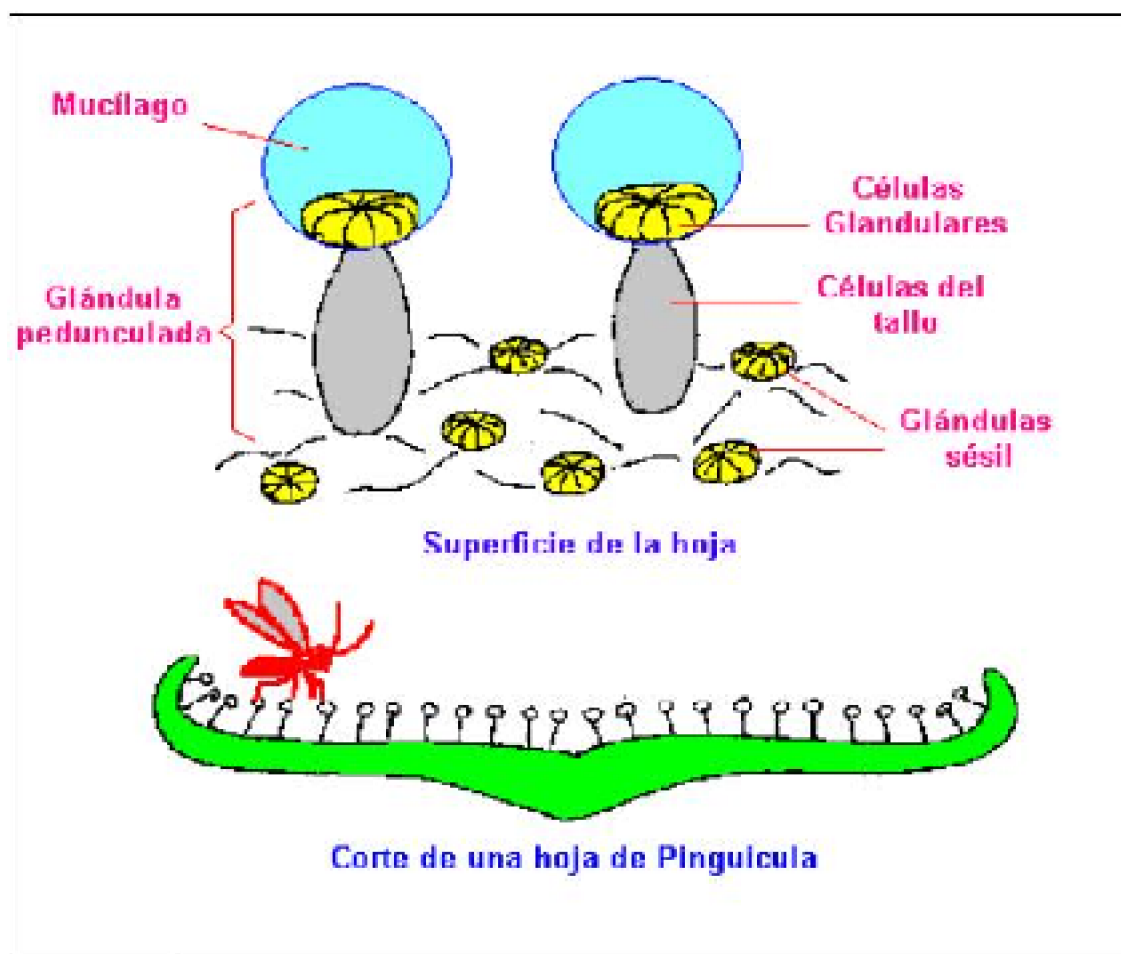


FIGURA 5. Esquema de las glándulas presentes en las hojas de *Pinguicula*.

FUENTE: HONDA (2001).

3.1.1.5. Digestión (mucílago y secreciones)

La síntesis de las enzimas de las células secretoras se produce en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso, mientras que el mucílago, secretado por las glándulas captadoras pedunculadas, sintetizan su fracción de polisacárido a partir del aparato de Golgi (HESLOP-HARRISON, 1976; VINTEJOUX y SHOAR-GHAFARI, 2000).

En la siguiente figura se puede apreciar la estructura de una glándula pedunculada y una glándula sésil. El dibujo, realizado por LEGENDRE (2000), está adaptado (con pequeñas modificaciones) de un estudio hecho a *Pinguicula grandiflora* por Heslop-Harrison y Knox en el año 1971.

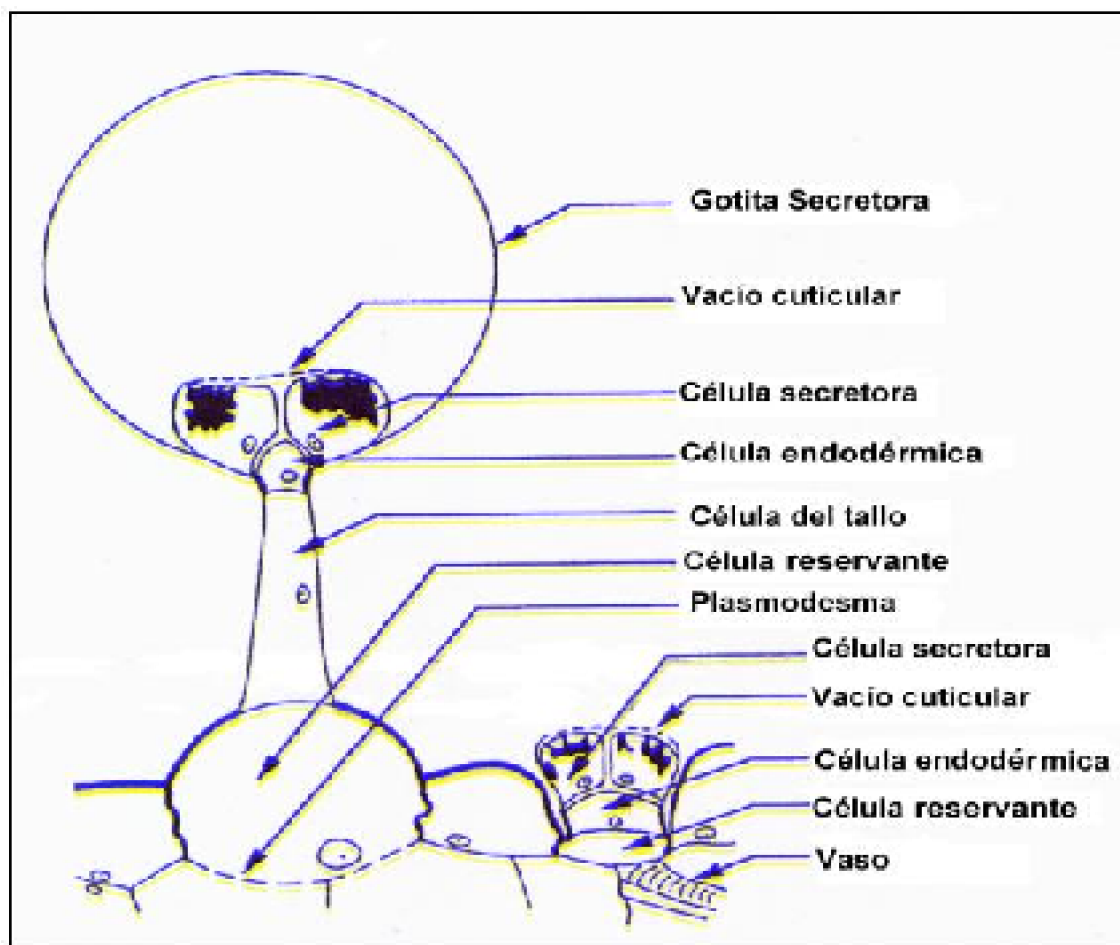


FIGURA 6. Estructuras de las glándulas sésil y pedunculada de *Pinguicula*.

FUENTE: LEGENDRE (2000).

En las células secretoras de mucílago de las glándulas de *Pinguicula* y *Drosera*, los productos precursores se acumulan en la vesícula del aparato de Golgi y se descargan al exterior por fusión con la membrana celular, de donde pasan a través de la pared celular y se depositan en su cara externa. La intensidad de esta actividad se refleja en el hecho de que las glándulas secretan varias veces su propio volumen de mucílago a lo largo de su vida activa (HESLOP-HARRISON, 1978).

Cabe destacar que el mucílago juega un rol clave en la digestión, puesto que permite llevar ésta a cabo en un lugar en donde una cavidad real para hacerlo no existe. Una vez atrapado el insecto, el mucílago junto con los fluidos digestivos se dispone en torno a la presa (LEGENDRE, 2000).

La emisión de mucílagos y enzimas se efectuaría de maneras distintas. La salida de polisacáridos por las glándulas pedunculadas ocurre normalmente y de forma continua, y

como se dijo anteriormente depende esencialmente de la actividad del aparato de Golgi (HESLOP-HARRISON, 1976; VINTEJOUX y SHOAR-GHAFARI, 2000), mientras que las glándulas sésiles se activan e inician su secreción una vez que el insecto ha sido atrapado. Esta secreción se produce por un estímulo químico provocado por las sustancias nitrogenadas, como el ácido úrico, que están presentes en las excretas de todos los insectos (HESLOP-HARRISON, 1978).

La cantidad de fluidos secretados no es equivalente entre los dos tipos de glándulas. Esta es más intensa en las glándulas sésil, que por otro lado son más numerosas (VINTEJOUX y SHOAR-GHAFARI, 2000). Al estimular las glándulas, estas liberan su total carga de hidrolasas en un acontecimiento único, una vez estimulada estas glándulas no sintetizarán más enzimas (HESLOP-HARRISON, 1976).

Antes de la estimulación, las glándulas sésiles retienen en reserva una cantidad de proteasas, nucleasa, fosfatasas, esterases, y otras enzimas digestivas, almacenadas en paredes celulares esponjosas y en las vacuolas de las células secretoras. El estímulo produce una salida de fluido y éste arrastra las enzimas almacenadas hacia fuera, donde se llevara a cabo la digestión (HESLOP-HARRISON, 1978).

En el siguiente cuadro se pueden apreciar las enzimas secretadas por las glándulas de los géneros *Drosera* y *Pinguicula*.

CUADRO 6. Enzimas digestivas encontradas en las glándulas de las plantas o en sus secreciones.

Enzimas	Género	
	<i>Drosera</i>	<i>Pinguicula</i>
Oxidasas: Peroxidasa EC 1.11.1.7	+	-
Transferasas: Ribonucleasa EC 2.7.7.16	n/e	+
Hidrolasas: Lipasa EC 3.1.1.3	-	n/e
Esterasa EC 3.1.1 (1.2.4)	+	+
Fosfatasa ácida (no específica) EC3.1.3. (1.2)	+	+
Amilasa EC 3.2.1.1	-	n/e
Maltasa (α -glucosidasa) EC 3	n/e	n/e
Invertasa (β -fructofuranosidasa) EC 3.2.1.36	n/e	n/e
Ureasa EC 3.5.1.5	n/e	n/e
Quitinasa EC 3.2.1.14	?	-
Proteasa EC 3.4.4.1	+	+

+: presencia; ?: presencia dudosa; -: ausencia; n/e: no estudiado

FUENTE: HESLOP-HARRISON (1976).

HESLOP-HARRISON (1978), descubrió que la amilasa era segregada por las glándulas pedunculadas de la *Pinguicula*. Es así como presenta el siguiente cuadro, más completo y específico, el cual es citado por LEGENDRE (2000).

CUADRO 7. Enzimas digestivas detectadas en las glándulas de *Pinguicula*.

Especie	Tipo glándula	Enzimas						
		Fosfatasa ácida	Acilasa	Esterasa	Leucina aminopeptidasa	Proteasas	Tricinaasa	Ribonucleasas
<i>D. moranensis</i>	Pedunculada	+	+	+	n/e	w/e	+	+
	Sesi	+	n/e	+	-	n/e	n/e	n/e
<i>D. grandiflora</i>	Pedunculada	+	+	+	n/e	-	+	-
	Sesi	++	-	+	n/e	-	+	+
<i>D. vulgaris</i>	Pedunculada	+	+	+	n/e	w/e	+	-
	Sesi	+	+	+	n/e	n/e	+	-

++: Fuertemente detectada; +: Detectada; -: No detectada; n/e: no estudiado

FUENTE: LEGENDRE (2000).

Siempre ha existido la duda sobre el origen de las enzimas encontradas en las plantas, ya que no es claro si son propias de la planta, o pertenecen a microorganismos que habitan en ellas. Yolande Heslop-Harrison, citado en LUTTGE (1986), demostró por medio de una técnica que emplea una película que contenía un sustrato orgánico, que la actividad de las hidrolasas está limitada a las zonas provistas de glándulas digestivas, lo que excluiría la posibilidad de que se trate de enzimas producidas por microorganismos presentes en la planta. Además, la presencia de microorganismos estaría limitada sobre las glándulas, por la existencia del “vacío cuticular” o “discontinuidades cuticulares mal definidas”, llamadas por Joel & Juniper, y Heslop-Harrison respectivamente (citados en LEGENDRE, 2000). Estas estructuras poseerían una fuerte carga de compuestos fenólicos lo que serviría como barrera al paso de microorganismos, según LEGENDRE (2000).

A pesar de esto LUTTGE (1986) indica que existen enzimas del líquido digestivo que pueden ser de origen microbiano. Este señala: “se observa a menudo que el abanico de las distintas hidrolasas es mucho más rico si la planta está cultivada en condiciones no asépticas”. Existe, continúa LUTTGE (1986), una cooperación o comensalismo entre la planta y los microorganismos. Esta forma de ayuda mutua jugaría un papel importante en el proceso global de la digestión de las presas. Experimentos en donde se han eliminado los microorganismos comensales de *Drosera* han demostrado un cese en la ganancia de peso (o biomasa) correspondiente a la digestión de las presas señala LUTTGE (1986).

3.1.1.6. Absorción

El insecto víctima es rápidamente penetrado por las secreciones glandulares a través de los espiráculos (sistema respiratorio), siendo movilizadas tanto las proteínas como otros

compuestos nitrogenados, lípidos y glucógeno. El paso de los nutrientes al interior de la hoja comienza aproximadamente a las dos horas y se completa prácticamente en doce. La ruta de absorción es la misma que la de descarga del enzima original, es decir a través de: las células secretoras de la cabeza de las glándulas sésil, las células endodérmicas, y el sistema vascular. La ruta principal que se sigue a través de la hoja es por el xilema, el tejido conductor de agua de la planta, acumulándose finalmente en los puntos de crecimiento del tallo y raíz (HESLOP-HARRISON, 1978).

A continuación se presenta una descripción más detallada de la especie *Pinguicula vulgaris*.

3.1.2. *Pinguicula vulgaris*

Esta especie es una planta perenne de raíz fibrosa que crece alrededor de 6 a 15 centímetros de alto. Sus flores son de colores lavanda, púrpura o casi blancos. Las hojas miden entre 2 a 5 centímetros de largo, y tienen una superficie superior muy pegajosa provocada por sus dos tipos de glándulas presentes (HITCHCOCK et al., 1959; STANDLEY, 1921)⁵.



FIGURA 7. *Pinguicula vulgaris*.

FUENTE: WATSON (1992)⁶; VUIJK (2003)⁷.

⁵ HITCHCOCK, C. et al., 1959; STANDLEY, C., 1921: < http://www.fs.fed.us/database/feis/plants_forb/pinvul/botanical_and_ecological_characteristics.html> Junio, 2002.

ERNST (1961), presenta una detallada descripción de las distintas especies que abarca este género, incluyendo las especies existentes en Chile.

A continuación se pueden observar las distintas partes que componen a *Pinguicula vulgaris*.

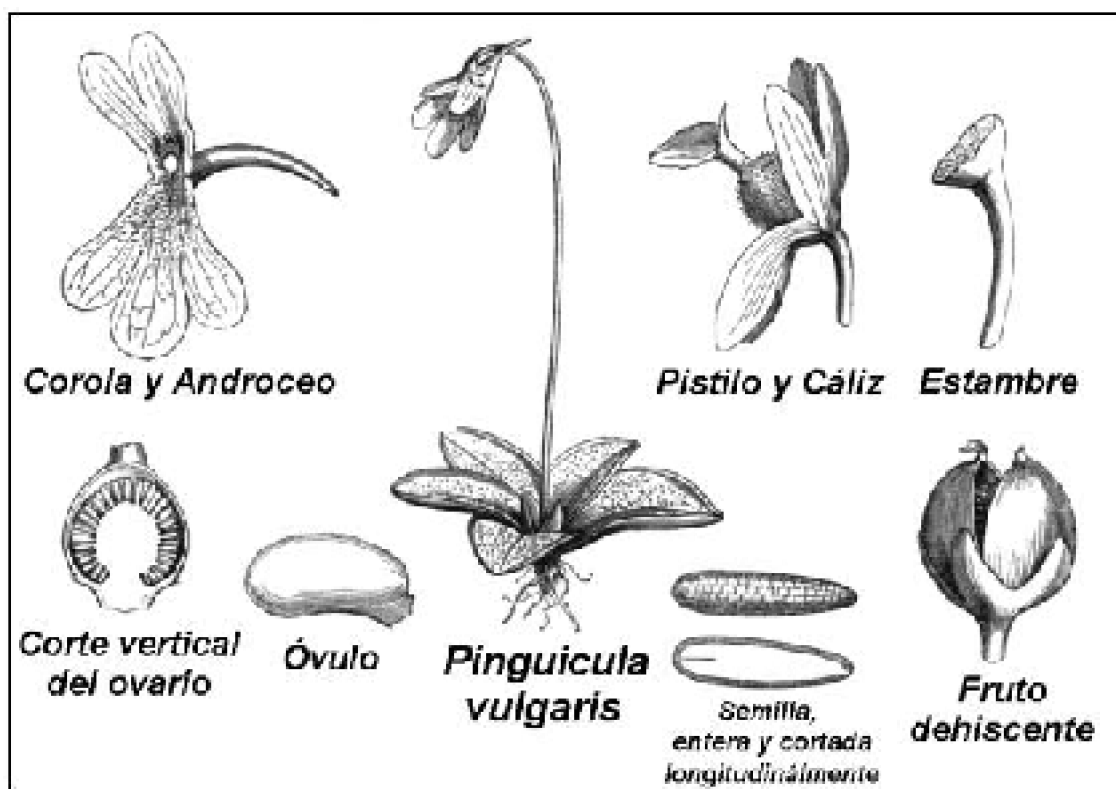


FIGURA 8. Partes que componen a *Pinguicula vulgaris*.

FUENTE: WATSON y DALLAWITZ (1992)⁸.

Loyd, citado en LEGENDRE (2000), señala que la *Pinguicula vulgaris* se extiende por todo el nor-occidente de Europa lo cual determina que su uso se limite principalmente a estas regiones europeas.

En la siguiente figura se puede apreciar como se distribuye esta especie alrededor del mundo. La figura está enfocada desde el polo norte, y en color rojizo y delimitado por líneas del mismo color se observa en que lugares se ubica la planta.

⁶ WATSON, M y DALLWITZ, M. J. 1992: < <http://biodiversity.uno.edu/delta/angio/images/lenti01.jpg> > Octubre, 2003.

⁷ VUIJK, D. 2003: < http://www1.bos.nl/~dvuijk/plants/lists/list_sym_white_red_yellow.html > Octubre, 2003.

⁸ WATSON, M. y DALLWITZ, M. J. 1992: < <http://biodiversity.uno.edu/delta/angio/images/lenti591.gif> > Octubre, 2003.

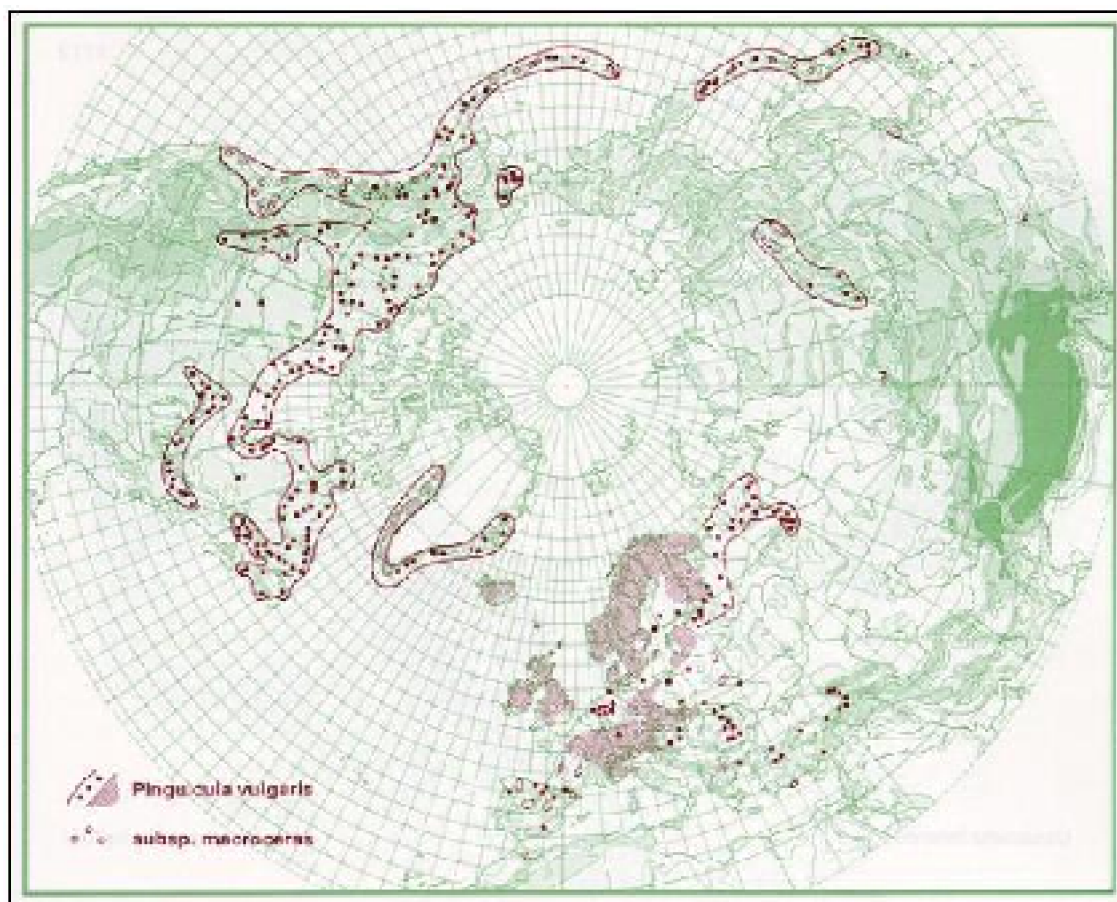


FIGURA 9. Distribución mundial de *Pinguicula vulgaris*.

FUENTE: ANDERBERG (1999)⁹.

A la planta se le han atribuido algunas propiedades medicinales. ZIN y WEISS (1980) señalan, que la planta puede ser usada como purgante, además poseería propiedades diuréticas, y se usaría para cicatrizar heridas. Sin embargo, su uso más conocido es como insumo en el procesamiento de alimentos según precisa Loyd (citado en LEGENDRE, 2000). El mayor uso de las hojas de la *Pinguicula* está enfocado a la industria láctea para producir una leche fermentada espesa y viscosa, clásica en Escandinavia, llamada tätmjölk (FLEISCHMANN, 1924; Loyd citado en LEGENDRE, 2000; ZIN y WEISS, 1980). El proceso de fermentación, señala Loyd (citado en LEGENDRE, 2000), es llevado por bacterias que se hospedan en forma natural en las hojas de *Pinguicula*, las que también pueden ser encontradas en el mucílago de *Drosera*. Otras aplicaciones lácteas de la hoja de la *Pinguicula*, según Loyd (citado en

⁹ ANDERBERG, A. 1999: < <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/lentibularia/pingu/pingvulv.jpg> > Octubre, 2003.

LEGENDRE, 2000), se enfocan a la producción de cuajos lácteos para la industria quesera. Los ingredientes activos del proceso son las proteasas presentes en la secreción de las hojas. Estos son llamados cuajos vegetales y se comportan como los cuajos enzimáticos extraídos del estomago de los terneros. Por otro lado, los extractos de enzimas de *Pinguicula* han sido usados también en Alemania, en los inicios del siglo veinte, para ablandar la carne dura o aquella fresca de matadero. Loyd, citado en LEGENDRE (2000), señala que lamentablemente ninguna de estas prácticas en la actualidad se encuentra en uso.

Como señala Loyd (citado en LEGENDRE, 2000), la *Drosera* es otra planta a la cual se le atribuye la capacidad de fermentar la leche y obtener la *tätmjöl*k. Por esta razón a continuación se presenta una revisión a cerca del género y la especie involucrada.

3.1.3. Género *Drosera*

3.1.3.1. Introducción

El género se conoce desde hace mucho tiempo en Europa bajo distintos nombres. Una de las ilustraciones más antigua de la planta se encuentra en la edición de finales del siglo XV del “Libro de las medicinas simples”, de Platearius. En 1735, Lineo la denominó *Drosera*, y es a partir de sus experiencias sobre la especie ampliamente extendido *Drosera rotundifolia* que Darwin, en 1875, saca a la luz las propiedades carnívoras de algunos vegetales. La palabra *Drosera* viene del griego “droseros” que significa “cubierto de rocío”. “Rossolis”, la denominación antigua de origen latino, que subsiste aún, se traduce como “rocío del sol” (BAFFRAY et al., 1989).

En la siguiente fotografía se puede apreciar en plenitud la hoja de *Drosera sp-rosika*.



FIGURA 10. Fotografías de *Drosera sp-rosika*.

FUENTE: ZUPANIJI (2001)¹⁰.

¹⁰ ZUPANIJI, 2001: < <http://www.medri.hr/~dwolf/gorskik/drosera.htm> > Octubre, 2003.

3.1.3.2. Descripción

El género *Drosera* (152 especies) pertenece al orden *Nepentales* (clase *Magnoliopsida*, de las *Dicotiledóneas*). Aquí se ubican en la familia de las *Droseraceae* al igual que los géneros *Aldrovanda* y *Dionaea* (JUNIPER y SCHLAUER, 2001).

BAFFRAY et al. (1989), señalan que las *Drosera* son plantas perennes, herbáceas, terrestres, cuyas hojas están adaptadas en forma de trampas. Su tamaño varía entre unos cuantos milímetros (*D. pygmaea*) hasta un metro de altura (*D. gigantea*). La forma de las hojas, el cuerpo de la planta, así como la disposición, el número, el tamaño y el color de las flores difieren según las especies.

En el siguiente dibujo se pueden apreciar las distintas formas de las hojas. De izquierda a derecha corresponden a: *Drosera intermedia*, *D. filiformis* y *D. rotundifolia*.

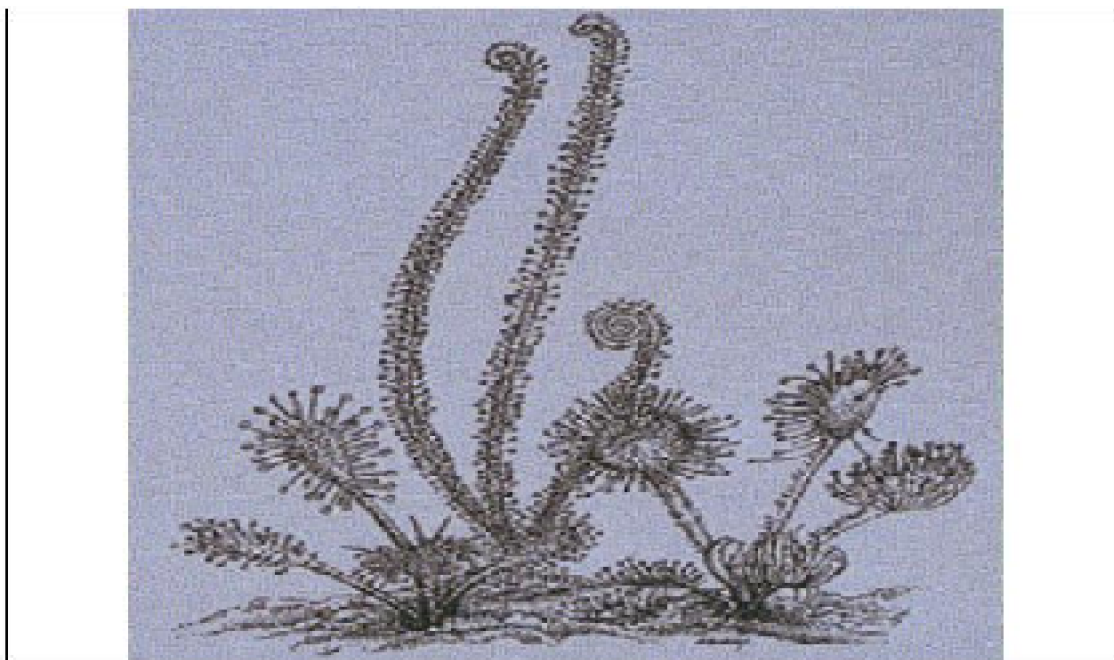


FIGURA 11. Dibujo de las hojas de tres especies de *Drosera*.

FUENTE: STATE OF NEW JERSEY PINELANDS COMMISSION ¹¹.

El brillo, que asemejan al rocío, que hacen las gotitas centellando en la punta de los tentáculos, de todas las especies de *Drosera*, es un mucílago que le ayuda a capturar sus presas (BAFFRAY et al., 1989).

3.1.3.3. Distribución

Las *Drosera* se ubican en zonas húmedas y pantanosas de llanos y montañas, en los cinco continentes y bajo todo tipo de climas. En Australia encontramos un centenar de especies mientras que en Europa la cantidad alcanza sólo a tres (BAFFRAY et al., 1989).

¹¹ State of New Jersey Pinelands Commission: < http://www.georgian.edu/pinebarrens/bi_p_dfi.htm > Octubre, 2003.

3.1.3.4. Accionar

Los pelos más largos de la hoja del rocío del sol producen una secreción mucilaginosa. Al posarse, el insecto se adhiere a estas glándulas y en su lucha por desasirse, su contacto con ellas es aún mayor. Las glándulas próximas se encorvan hacia adentro alrededor de él y finalmente toda la hoja puede enroscarse para encerrar a la presa (HESLOP-HARRISON, 1976). Esto último se aprecia claramente en la FIGURA 12.



FIGURA 12. *Drosera capensis* atrapando una mosca.

FUENTE: STEFAN (2000) ¹².

Al igual que en el género *Pinguicula*, en *Drosera* encontramos dos tipos de glándulas, las pedunculadas y las sésiles (sin pedúnculo). Estas últimas son visibles al microscopio y están esparcidas por la superficie superior de la hoja y en los pedúnculos de las glándulas mayores. Según HESLOP-HARRISON (1978) estas glándulas sésil presentes en el pedúnculo estarían relacionadas con el movimiento del mismo, aunque PALCZEWSKA (1966) señala que estarían a cargo de la secreción de las proteasas.

En las siguientes fotografías se pueden apreciar claramente las glándulas pedunculadas de dos especies de *Drosera*.

¹² STEFAN, 2000: < <http://home.pacbell.net/manfredw/stefan/> > Octubre, 2003.

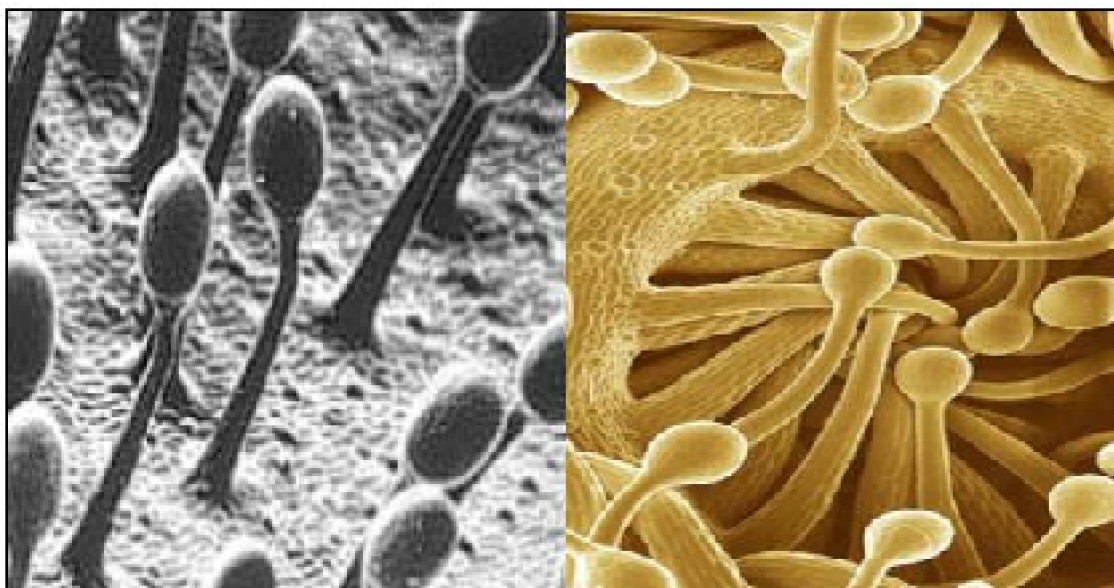


FIGURA 13. Fotografías de las glándulas pedunculadas de *Drosera*.

FUENTE: BARTHOLOTT (1986)¹³; CUTLER y GREGORY (1998)¹⁴.

En las fotografías anteriores, se pueden apreciar claramente en la fotografía de la izquierda, las glándulas pedunculadas pertenecientes al género *Drosera*, esta imagen fue obtenida mediante un escáner por microscopía electrónica de barrido. La fotografía de la derecha también fue obtenida por medio de un microscopio electrónico pero muestra un ápice joven extraído de la hoja de *Drosera binata* congelado en nitrógeno líquido.

3.1.3.5. Secreciones

Las células secretoras (pedunculadas) se hallan siempre contiguas a una capa endodérmica de una o más células, cada una está dotada de una capa convexa de cutícula (HESLOP-HARRISON, 1978). Esta última es una capa continua que recubre las células epidérmicas por fuera de la pared celular en la cara en contacto con el medio externo (GARCIA, 2000). Toda esta estructura forma algo equivalente a una banda de Caspary. Esta capa está asociada a un complejo de traqueidas (ver FIGURA 14) que enlaza a su vez con el sistema vascular principal de la hoja (HESLOP-HARRISON, 1978).

Las glándulas pedunculadas de *Drosera* no sólo se encargan de segregar el adhesivo, sino también las enzimas digestivas (HESLOP-HARRISON, 1978). Estas enzimas están presentes en el glóbulo de la secreción antes de la captura de la presa, y pueden ser descubiertas fácilmente mediante las técnicas de la película sustrato y de transferencia, como lo demostraron Holter y Linderström-Lang (citados en HESLOP-HARRISON, 1976). Ellos recogieron secreciones de estas glándulas, utilizando una micropipeta, y demostraron la presencia de una proteasa con un pH óptimo de

¹³ BARTHOLOTT, W. 1986: < <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e50/drosera.htm> > Octubre, 2003.

¹⁴ CUTLER, D y GREGORY, M. 1998: < http://www.rbgekew.org.uk/kewscientist/ks_oct98/pages/newbks/newbks.htm > Octubre, 2003.

alrededor de 3,2. HESLOP-HARRISON (1976), señalan que existe una notable analogía entre la actividad de algunas enzimas presentes en las plantas carnívoras (ejm: nepentesina de la *Nepentes*) y la de la pepsina de origen animal, en cuanto a pH óptimo, respuesta a inhibidores y especificidades hidrolíticas.

La siguiente figura muestra un esquema de la glándula pedunculada de *Drosera rotundifolia*.

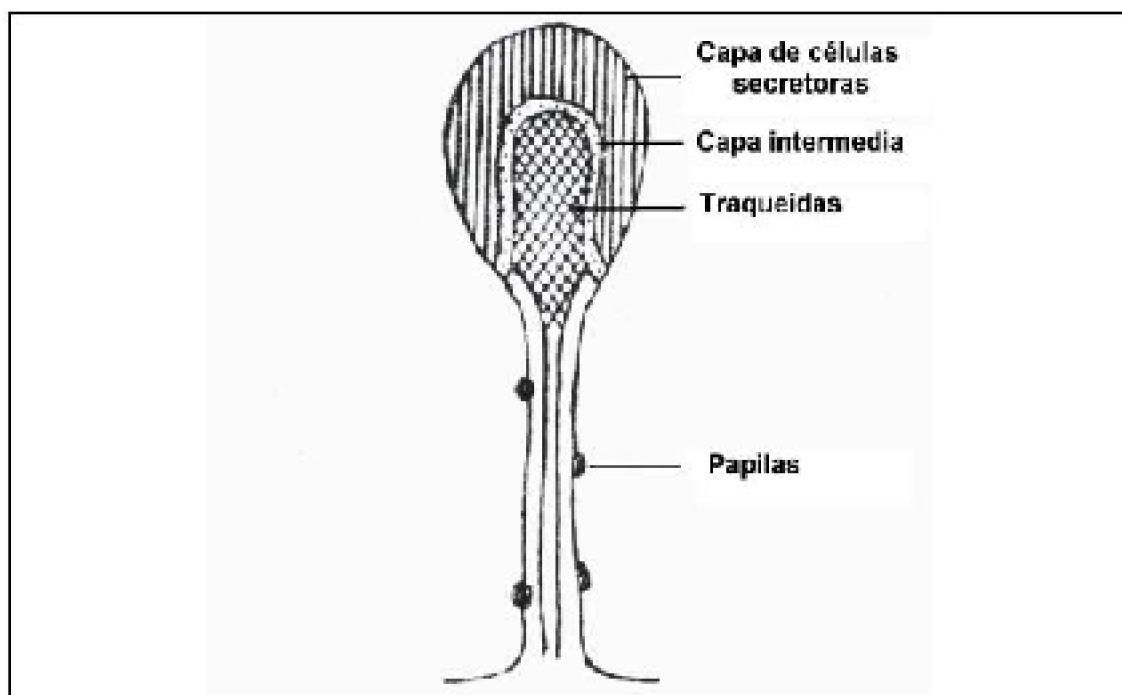


FIGURA 14. Esquema de un tentáculo de *Drosera rotundifolia*.

FUENTE: PALCZEWSKA (1966).

Los estudios ultra estructurales y citoquímicos de Dexheimer, citado en VINTEJOUX y SHOAR-GHAFARI (2000), han permitido establecer y precisar las modalidades en el proceso de secreción. Estas glándulas pedunculadas están implicadas simultáneamente en las dos funciones, emisión del mucílago y digestión de la presa.

Los análisis bioquímicos efectuados por Rost y Schauer en *Drosera capensis* (citados en VINTEJOUX y SHOAR-GHAFARI, 2000), mostraron que las sustancias polisacáridas (mucílago) secretadas tienen un peso molecular elevado, son fuertemente ácidas y muy hidratadas. Contienen xilosa, manosa, galactosa, ácido glucurónico, ésteres sulfatos, y además Ca, Mg, K, y Na.

3.1.3.6. Absorción

La absorción es desarrollada por las mismas glándulas encargadas de secretar los fluidos digestivos, y el proceso se asemeja al observado en el género *Pinguicula*.

Pate y Dixon, de la universidad de Western Australia, citados en HESLOP-HARRISON (1978), marcaron moscas del vinagre gracias a la alimentación de las mismas mediante levaduras que contenían el isótopo 15 del nitrógeno, y utilizaron

tales moscas como dieta para *Drosera*. Comprobaron que el crecimiento tiene lugar en el cormo (raíz, tallo y hojas), y gran parte de la reserva nitrogenada se encuentra en forma del aminoácido arginina. Pate y Dixon hallaron, al final del experimento, cerca del 40% de la arginina en el cormo de las plantas experimentales marcado con nitrógeno, una demostración palpable de la importancia del aporte de nutrientes a partir de las presas para la supervivencia de la especie en la naturaleza.

Sin embargo en experimentos llevados a cabo por Chandler y Anderson, citados en LUTTGE (1986), se ha demostrado que las plantas insectívoras alimentadas únicamente por presas, y que no pueden obtener el carbono mediante la fotosíntesis, no se desarrollan normalmente.

A pesar de esto, en su hábitat natural, es claro que el suplemento de nutrientes les confiere ventajas particularmente en ambientes en los que son escasos ciertos tipos de nutrientes. Las investigaciones actuales indican que el fósforo aportado es igualmente e incluso más importante que el nitrógeno. La presencia de nucleasas y fosfatasas en las secreciones de las glándulas digestivas puede relacionarse con este requerimiento (HESLOP-HARRISON, 1978).

3.1.3.7. Otras características

Las especies pertenecientes a la familia *Droseraceae* se caracterizan afirman Ragazzi y Samaj, citados en REPCAK et al. (2000), por sintetizar naftoquinonas junto con sustancias antimicrobianas, fungicidas y antineoplásticas. CORNEANU et al. (1998), apoyándose en estudios de Ciulei, indica que las *Drosera* son plantas de valor farmacéutico ya que contienen taninos, ácido málico, ácido cítrico, y flavonoides, estos compuestos junto con las enzimas proteolíticas de la planta, serían efectivos en contra de la tos bronquial y espasmos intestinales. Sin embargo su uso está limitado debido al peligro de extinción en que se encuentran las plantas, y las pequeñas cantidades de material biológico obtenible.

Como se refleja en la siguiente figura, las características medicinales de *Drosera* son conocidas desde hace mucho tiempo.

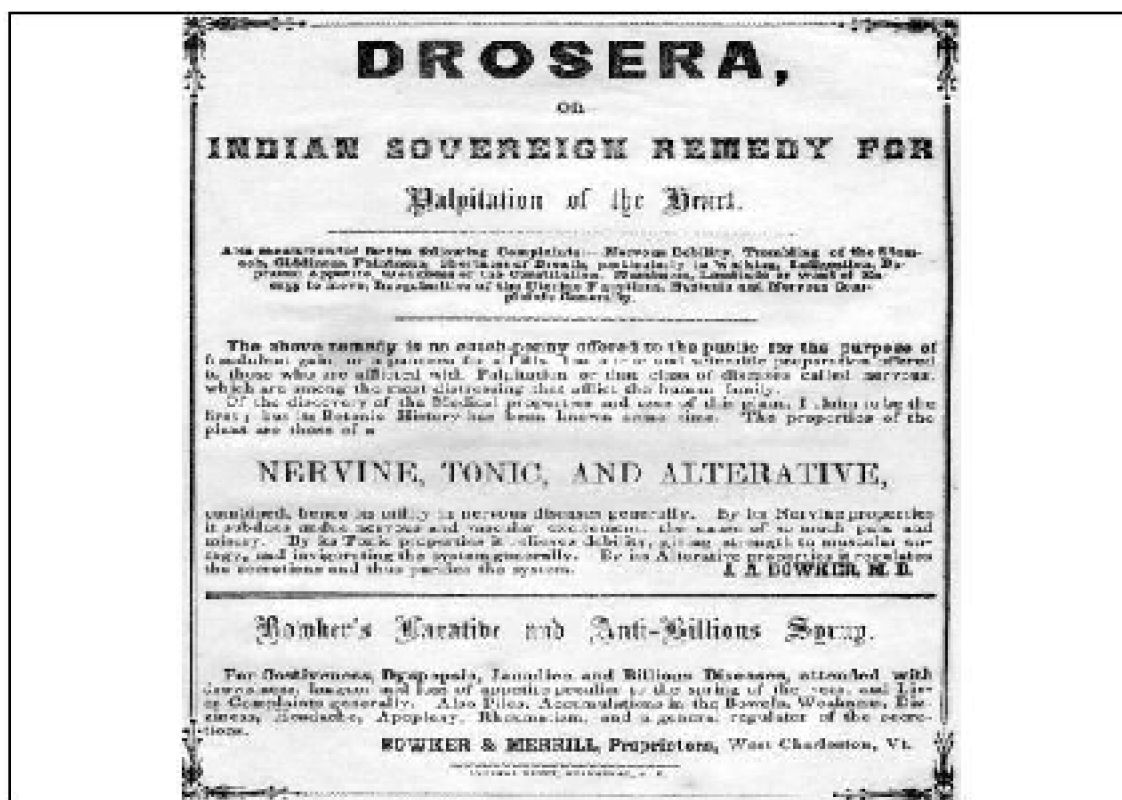


FIGURA 15. Panfleto sobre las características medicinales de *Drosera*.

FUENTE: BIBLIOTECA NACIONAL DE CANADA ¹⁵.

Este panfleto del “Stanstead Journal”, de entre los años 1845-1850, demuestra el conocimiento y la promoción que se hacía a las características medicinales del género *Drosera* en el este de Canadá ya en esos años.

Sin embargo, la especie que se describe a continuación es la que cuenta con más utilidades a su haber, entre éstas se le atribuye la capacidad de producir la particular leche nórdica filamentosa (GISLER, 1754; TAMIME y ROBINSON, 1988).

3.1.4. *Drosera rotundifolia*

Su nombre deriva del latín *rotundus*, que significa “redondo, o esférico”, y *folius* que significa “hoja”, por lo cual se traduce como hoja redonda cubierta de rocío. Se conoce comúnmente como “sundew”, “dew plant”, “red rot”, “round-leaved”, “herba rosellae”, “youthwort”, “*Drosera longifolia*”, “hierba de la gota”, y “hierba del rocío”. Sus hojas se disponen en forma de roseta, son completamente redondas y planas, y muy pegadas a la tierra. La superficie superior está cubierta de pelos rojizos, que presentan glándulas en sus extremos las que secretan un líquido pegajoso (al igual que todas las especies pertenecientes al género *Drosera*). Su raíz principal es poco profunda (menos de 2½ pulgadas), y posee una vida menor a un año, luego del cual es reemplazada por pequeñas raíces adventicias. La inflorescencia es un racimo unilateral, con 2-15 flores

¹⁵ BIBLIOTECA NACIONAL DE CANADA, 2001: < <http://www.nlc-bnc.ca/2/10/h10-212-e.html> > Octubre, 2003.

sobre un largo tallo de 2-10 pulgadas de largo. Puede haber desde uno a siete racimos por roseta, cuyas flores se abren solamente al sol. El pedúnculo es erguido, delgado, de 2-6 pulgadas de largo, en principio en forma de cojinete interno arrollado, el cual se endereza hacia fuera mientras que las flores se abren. Estas últimas son muy pequeñas y blancas, apareciendo en verano y cerca del otoño (ROOK, 2002).

ROOK (2002), señala que la especie se distribuye en el hemisferio norte desde: Groenlandia y Terranova, hasta Alaska; por el sur a lo largo de la costa del pacífico hasta California, y por el interior hasta Montana y Colorado; por el este, desde el sur de Nueva Escocia hasta Florida; y por el oeste, por el río Mississippi a Minnesota. También se puede encontrar en Europa, Asia, Sudáfrica, y Sudamérica.

La distribución de la especie se puede apreciar en la siguiente figura.

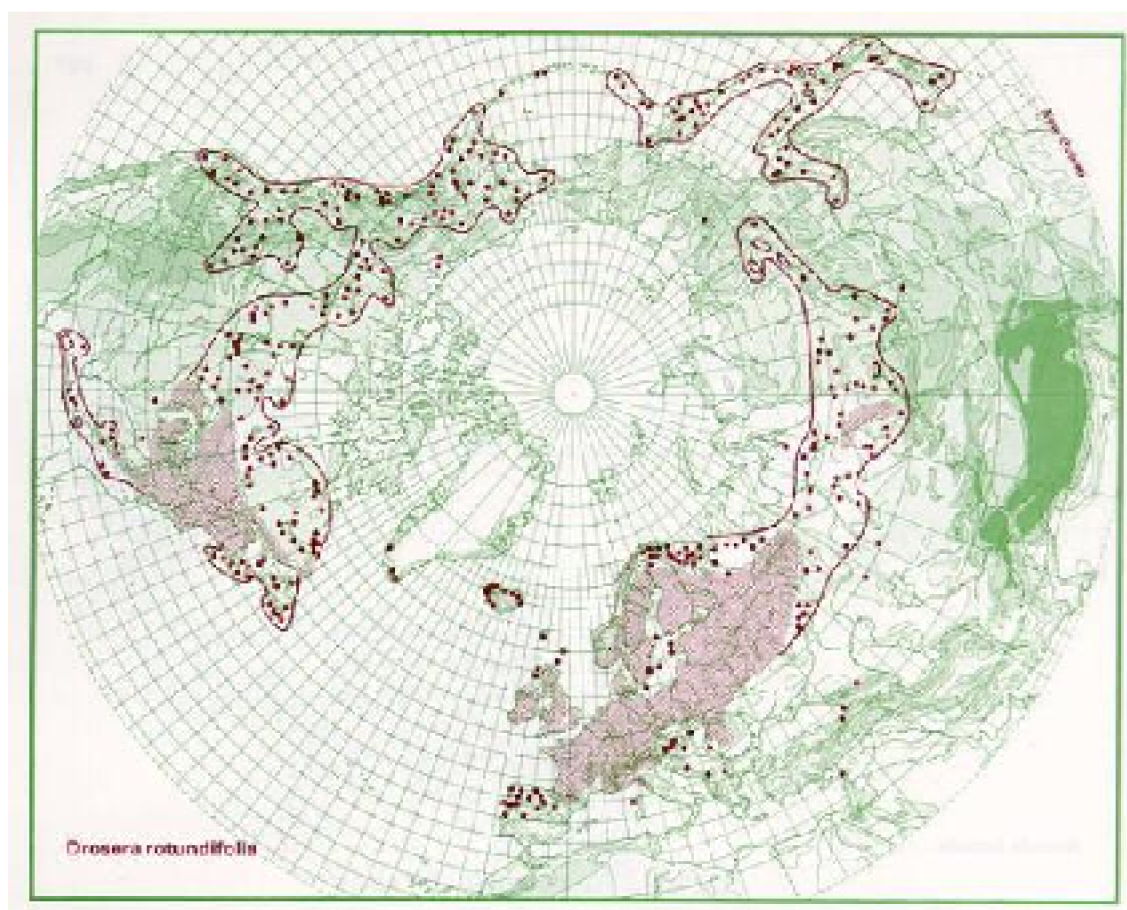


FIGURA 16. Distribución mundial de *Drosera rotundifolia*.

FUENTE: ANDERBERG (1999) ¹⁶.

En la FIGURA 17 se puede apreciar un dibujo de las partes que componen a la

Drosera rotundifolia, así como una fotografía de la especie.



FIGURA 17. *Drosera rotundifolia*.

FUENTE: MAGNUS (1901-1905)¹⁷ ; WILD (2000)¹⁸ .

El dibujo anterior muestra claramente los tentáculos de la hoja, lo que también es posible de apreciar en la fotografía.

Las partes que componen a *Drosera rotundifolia* se detallan en la siguiente figura.

¹⁶ ANDERBERG, A. 1999: < <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/drosera/drose/drosroTV.jpg> > Octubre, 2003.

¹⁷ MAGNUS, C. A. 1901-1905: < <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/lindman/228.jpg> > Octubre, 2003.

¹⁸ WILD, M. 2000: < <http://www3.sympatico.ca/arold/auteur.html> > Octubre, 2003.

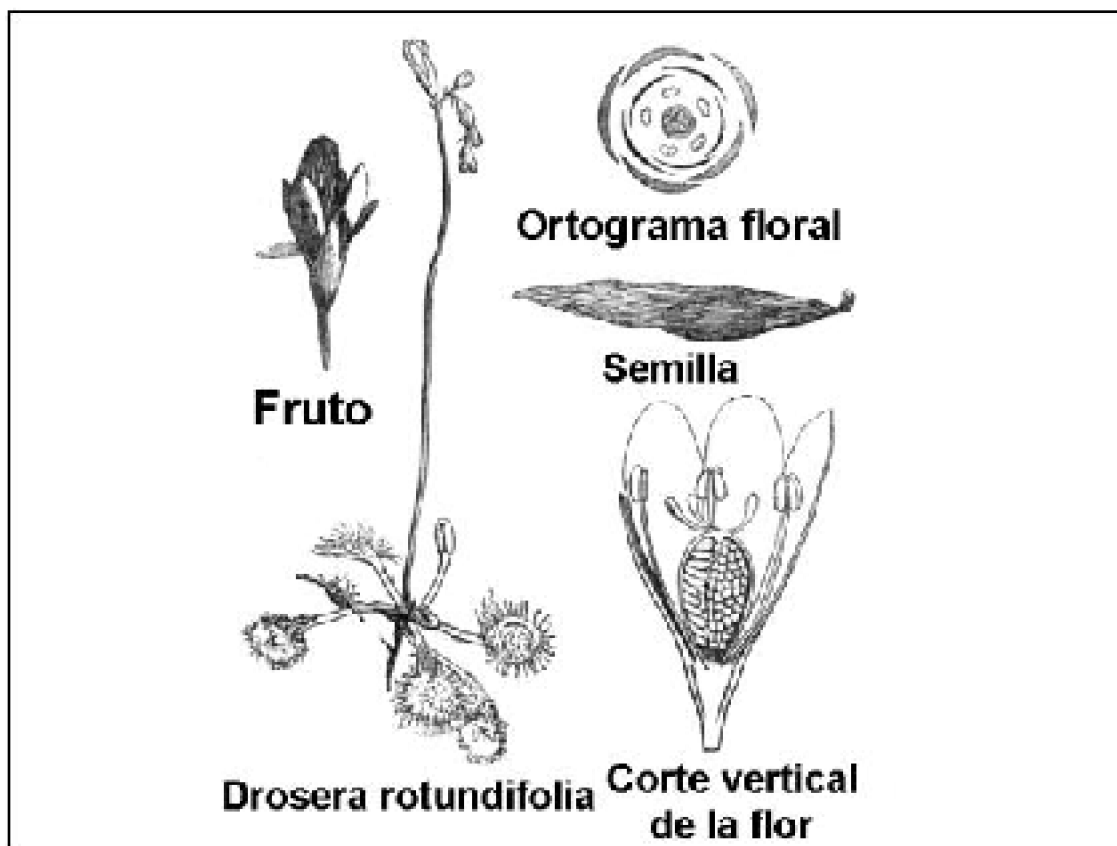


FIGURA 18. Partes que componen a *Drosera rotundifolia*.

FUENTE: WATSON y DALLWITZ (1992)¹⁹.

En el esquema anterior es posible identificar las partes más importantes que componen a la *Drosera rotundifolia*, si bien no es posible ver con detalle las hojas, éstas son similares a otras especies del mismo género expuestas en fotografías anteriores (ver FIGURAS 10).

Como se señaló anteriormente algunas aplicaciones dadas a la planta se enfocan a la parte medicinal (CORNEANU et al., 1998). Las hojas frescas se han utilizado para el tratamiento de verrugas, y el tratamiento de enfermedades respiratorias. Se ha comprobado que su principal componente es la *Droserona*, una quinona (exactamente metil-2 oxi-5 naftoquinona), la cual tiene plumbagina, un eficaz antibiótico contra los *estreptococos*, *estafilococos* y *neumococos* (ROBUCK, 1985)²⁰ (FONT QUER et al.,

¹⁹ WATSON, M. y DALLWITZ, M. J. 1992: < <http://biodiversity.uno.edu/delta/angio/images/drose405.gif> > Octubre, 2003.

2003)²¹. La *Drosera* se encuentra bajo la cubierta externa de la raíz bulbosa de las especies del género *Drosera*: *D. paltata* Sm, *D. rotundifolia* D. *whittakeri* Planch (Asano y Rennie citados en GIBAJA, 1998).

FONT QUER et al. (2003)² resaltan sus propiedades antiespasmódicas, rubefacientes, cáusticas o corrosivas, antidiarreicas, expectorantes, diuréticas y afrodisíacas. Entre sus aplicaciones terapéuticas se citan: afecciones de las vías respiratorias, asma, tos ferina, tuberculosis pulmonar; además, su tintura calma los dolores reumáticos, y descongestiona la laringe.

FONT QUER et al. (2003)², señalan que la planta se usa en forma íntegra. Se puede utilizar en: Decocción, Maceración, Tintura y Jarabe. También se puede usar en forma externa en emplasto, sin embargo en dosis elevadas puede ser irritante.

En el mercado se encuentra un fármaco preparado a base de "drosera", *Drosera rotundifolia* L.; "tomillo", *Thymus vulgaris* L. (*Labiada*); y "grasilla", *Pinguicula grandiflora* Lamark (*Lentibulariaceae*). Es un medicamento en gotas contra la tos irritativa, tos convulsiva y bronquitis en todas sus formas (GIBAJA, 1998).

En la siguiente figura se puede ver la presentación de un medicamento hecho a base de *Drosera rotundifolia*.



FIGURA 19. Medicamento elaborado en base a *Drosera rotundifolia*.

FUENTE: LABORATORIO VARGAS (2002)²².

Como se puede ver el principal potencial de esta planta parece ser el medicinal o

²⁰ ROBUCK, W. 1985: < http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/forb/drorot/management_considerations.html > Agosto, 2002.

²¹ FONT QUER, SCHAUBENBERG & PARIS, SENTIS, 2003: < <http://usuarios.lycos.es/zazpiakbat/drosera.htm> > Agosto, 2003.

²² LABORATORIO VARGAS, 2002: < <http://www.pharmacygallery.com/jardin05.html> > Octubre, 2003.

farmacéutico. Sin embargo, como se verá mas adelante, también se le atribuye la capacidad de producir una leche fermentada muy característica en el norte de Europa llamada *tatmjolk* (GISLER, 1754; LEGENDRE, 2000; TAMIME y ROBINSON, 1988).

3.1.5. Plantas insectívoras de Chile

HAUENSTEIN y LEIVA (1991) señalan, que al igual que en otras partes del mundo en Chile se dan las condiciones naturales, pantanos y turberas, para el desarrollo de estos vegetales insectívoros nativos o autóctonos.

Estas plantas se ubican preferentemente en la zona sur de Chile, y se limitan a lugares que por lo general se encuentran protegidos o dentro de parques nacionales. Para lograr observarlas y acercarse a ellas a veces es necesario realizar aventuradas excursiones. Un ejemplo son los tours a la patagonia, en donde existen programas familiares de pesca, dentro de los cuales se programan caminatas con el fin de observar estas plantas (AVENTOUR, 1996)²³.

Las plantas carnívoras existentes en Chile corresponden a: la atrapamoscas, la violeta del pantano y la bolsita de agua, las dos primeras terrestres y la última acuática (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

3.1.5.1. Atrapamoscas

Su nombre científico es *Drosera uniflora* Willd y pertenece a la familia *Droseraceae*. Se caracteriza por no presentar tallo y tener hojas en forma de roseta, casi redondas, cubiertas con glándulas pegajosas de un vistoso color rojo, que atrapan insectos por adhesión ya que segregan un líquido viscoso con olor a miel que los atrae. Estas glándulas se ven como pequeños tentáculos, terminando cada uno de ellos en una cabecita cristalina, viscosa, que brilla al sol como minúsculas gotitas de rocío, de allí que también se le llame “rocío del sol”. Produce una flor de color blanco, que nace de un pedúnculo central y erguido. Florece entre los meses de enero y febrero. Es una especie de baja sociabilidad, ya que casi siempre crece en forma aislada. Su tamaño no sobrepasa los 5 cm. En la IX región es posible encontrarla en turberas en la cordillera de Nahuelbuta, y en general es posible encontrarla en las montañas, de Valdivia a Magallanes (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991; ZIN y WEISS, 1980).

La siguiente figura muestra un esquema y una fotografía de la *Drosera uniflora*.

²³ AVENTOUR, 1996: < <http://www.aventourpatagonia.com/recomendados.php> > Octubre, 2003.



FIGURA 20. *Drosera uniflora*.

FUENTE: HAUENSTEIN y LEIVA (1991); DAWNSTAR (2002)²⁴.

3.1.5.2. Violeta del pantano

En Chile existen dos especies: *Pinguicula antarctica* Vahl, de acuerdo a Casper (1827), y *Pinguicula chilensis* Clos (1849) (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991; PARTRAT y LEGENDRE, 2002).

Son semejantes a la *Drosera uniflora* en cuanto a la disposición arrosetada de sus hojas, aunque el aspecto de éstas es un tanto distinto, ya que presentan un color verde claro y el borde de las hojas se dobla hacia arriba, especialmente cuando han atrapado a algún insecto, a los que atrae desprendiendo un fuerte olor. La inflorescencia uniflora es muy semejante en forma y color a una violeta, de aquí su nombre común (ver FIGURA

²⁴ DAWNSTAR, W. 2002: < <http://home.twcny.rr.com/tamlin/Photo%20pages/Photos08.htm> > Octubre, 2003.

21) (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

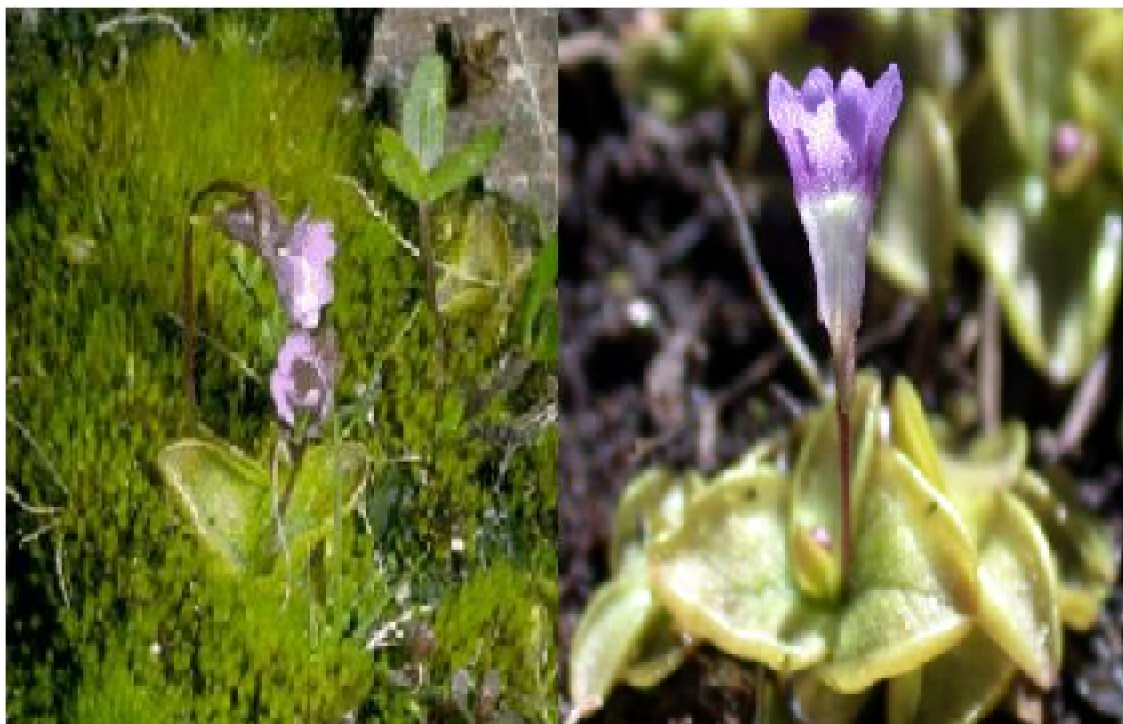


FIGURA 21. *Pinguicula chilensis*.

FUENTE: PARTRAT y LEGENDRE (2002); AUBERT (1995)²⁵.

Ambas especies se diferencian en la flor. La *Pinguicula antarctica* posee un espolón (extensión de un pétalo en forma de tubo que almacena néctar) corto y obtuso, en tanto, *Pinguicula chilensis* posee un espolón filiforme (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

En la siguiente fotografía es posible observar el espolón de la flor que posee la *Pinguicula antarctica*

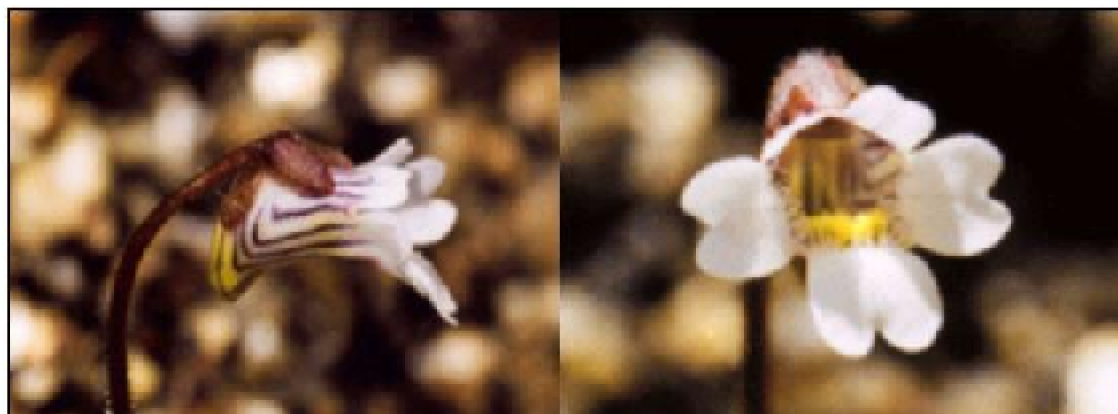


FIGURA 22. Fotografía de la flor de *Pinguicula antarctica*.

FUENTE: PARTRAT y LEGENDRE (2002).

En las siguientes figuras se presenta un dibujo y fotografías de la *P. antarctica*.

²⁵ AUBERT, S. 1995: < <http://www.ujf-grenoble.fr/JAL/chili/imag-CG/ping.jpg> > Septiembre, 2003.

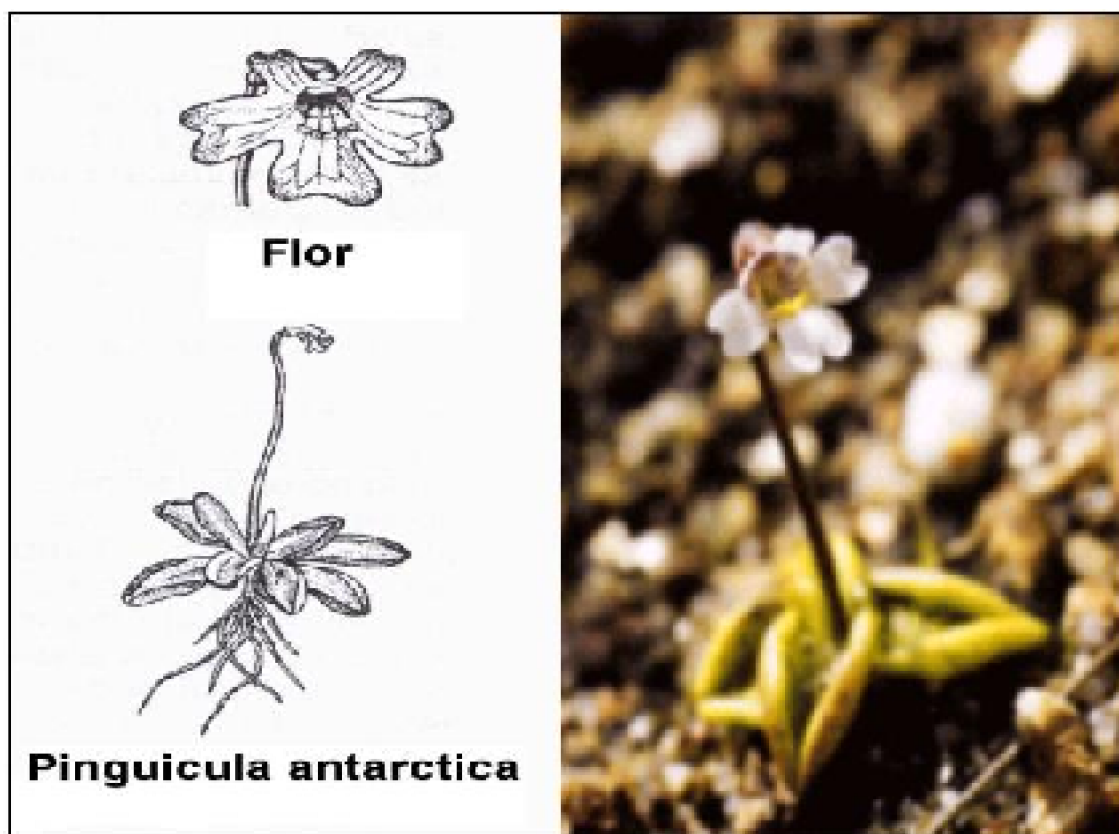


FIGURA 23. *Pinguicula antarctica*.

FUENTE: HAUENSTEIN y LEIVA (1991); PARTRAT y LEGENDRE (2002).

HAUENSTEIN y LEIVA (1991) además señalan que los bordes de las hojas en *P. antarctica* se encuentran más doblados que en *P. chilensis* (ver FIGURAS 21 y 23).

Estas especies florecen entre enero y febrero, y crecen asociadas con otros individuos de la misma especie, formando pequeños manchones en el suelo. Las hojas están al nivel del suelo, sin embargo el pedúnculo puede medir hasta 8 cm. Sus frutos son pequeñas cápsulas globosas con dehiscencia valvar (acción espontáneamente en donde cada una de las partes del fruto se abre para dejar salir las semillas) (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

Son abundantes de la IX región (Volcán Llaima, volcán Villarrica y sector Santa Julia en la provincia de Malleco). Más al sur se pueden encontrar por ejemplo en la cordillera de Nahuelbuta y en la cordillera Pelada, que corresponde a la cordillera de la costa de La Unión. Habitan preferentemente en altitudes mayores a los 800 m sobre el nivel del mar. La *P. antarctica* se distribuye desde Valdivia a Magallanes y la *P. chilensis*, en cambio, desde la provincia de Linares a la de Osorno (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

3.1.5.3. Bolsita de agua

Su nombre científico es *Utricularia gibba* L. y pertenece, al igual que la *Pinguicula*, a la familia de las *Lentibulariaceae* (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

HAUENSTEIN y LEIVA (1991), señalan: “es una hierba acuática sumergida que flota

libremente a media agua. Posee un fino tallo de color verde, carente de raíces y con sus hojas finamente divididas, provistas de pequeñas modificaciones en forma de bolsitas o vejigas (utrículo) con los cuales atrapa a su presa”.

Sus flores aparecen en el mes de febrero en el borde de las lagunas donde habita (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991), y como se puede apreciar en la siguiente figura son de un vistoso color amarillo.

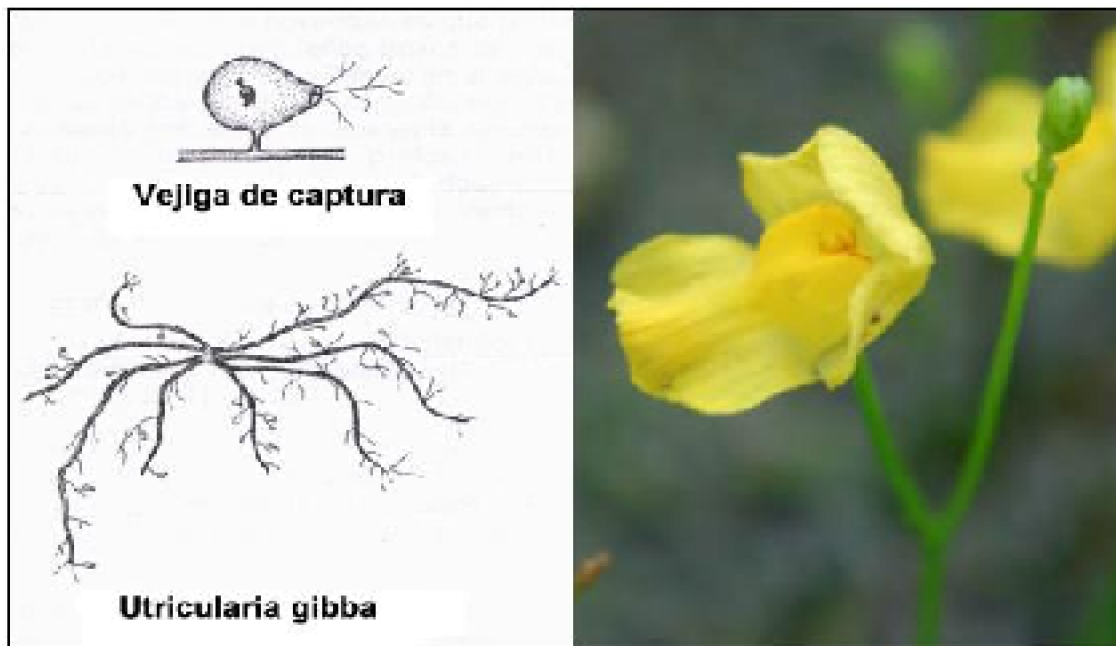


FIGURA 24. *Utricularia gibba*.

FUENTE: HAUENSTEIN y LEIVA (1991); SAULYS (2000)²⁶.

Se le puede encontrar en Centro América y el oeste de la India (ROOK, 2002). En Chile se distribuye desde Coquimbo a Chiloé, creciendo en grandes manchones, en aguas dulces detenidas (tranques y laguna ver FIGURA 25), como en la laguna del Parque SAVAL en Valdivia (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991), y en el Santuario de la Naturaleza (CODEFF y SCHLATTER)²⁷.

²⁶ SAULYS, E. 2000: < <http://www.ct-botanical-society.org/galleries/utriculariagibb.html> > Agosto, 2003.

²⁷ CODEFF y SCHLATTER, R: < <http://www.huinca.net/rcsphoto/sant-4.htm> > Agosto, 2003.

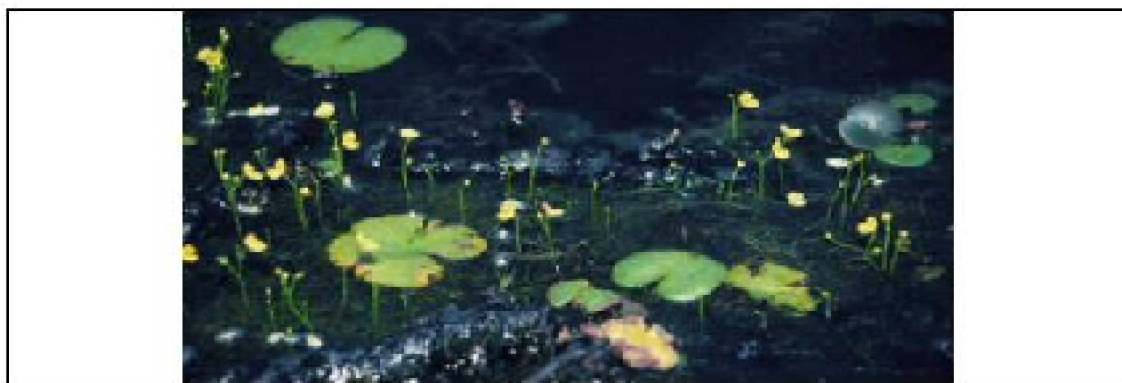


FIGURA 25. Hábitat de *Utricularia gibba*.

FUENTE: PERRY (2002)²⁸.

Las plantas carnívoras que crecen en Chile son muy pequeñas, y no exclusivamente insectívoras. Sin embargo, se pueden alimentar con pequeños trozos de carne o de huevo, como lo hizo Darwin en el siglo XIX (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

3.2. Instalaciones para el cultivo artificial de plantas insectívoras

A la hora de realizar cultivos, ya sea con fines comerciales, o no lucrativos, se hace indispensable conocer algunos aspectos relacionados con el hábitat natural de estas plantas, en este caso, las turberas.

3.2.1. Turberas

Las turberas se caracterizan por la capacidad singular de acumular y almacenar restos de plantas muertas, como musgos, juncos, cañas, arbustos y árboles, en forma de turba en terrenos anegados. Son el tipo de humedal más difundido del mundo, representando entre el 50 al 70 por ciento de todos los humedales, y cubren más de cuatro millones de km², o el tres por ciento, de la superficie de la tierra y del agua dulce del planeta. Existen en todos los continentes, desde las zonas tropicales a las polares, y desde el nivel del mar hasta grandes altitudes (SIT y IMCG, 2002).

La formación de turberas se produce debido a la lenta descomposición de la materia orgánica. De ese modo, el paso de los años va produciendo una acumulación de turba que puede alcanzar varios metros de espesor. La lenta tasa de descomposición de la materia orgánica es resultado de una escasa actividad microbiana, debida a la acidez del agua o la baja concentración de oxígeno en ésta. Por ello, suelen desarrollarse en zonas de sustrato silíceo, que dan lugar a suelos ácidos, y charcas de deficiente drenaje, donde el estancamiento de aguas provoca condiciones anóxicas (SIAPA, 2003).

²⁸ PERRY, M. 2002: < http://www.pwrc.usgs.gov/history/herbarium/utricularia_gibba.htm > Agosto, 2003

Existen distintos tipos de turberas, sin embargo las plantas insectívoras se desarrollan principalmente en las turberas de *Sphagnum*. Estas están constituidas mayoritariamente por musgos del género *Sphagnum*, que van creciendo lentamente en la parte apical, mientras la parte baja muere para formar un entramado fibroso e hinchado de agua similar a una esponja. De hecho, los *Sphagnum* muertos son el componente principal de la turba (SIAPA, 2003).

BAFFRAY et al. (1989) sostienen que las turberas compuestas de *Sphagnum* evolucionan en las siguientes fases:

- Turbera joven (formación en la periferia al plano que ocupa el agua).
- Turbera baja (relleno progresivo y aparición de *Sphagnum*).
- Turbera alta (convexidad final sobre el antiguo nivel de agua y drenaje relativo).

Dependiendo del origen del agua que se hace presente en las turberas, éstas se pueden clasificar en dos grupos. Por un parte, existen las que se mantienen con agua de lluvia, llamadas turberas ombrogénicas, y por otro lado, las que se forman por alimentación con agua procedente de capas profundas de la corteza terrestre, llamadas turberas topogénicas (MARTINEZ et al., 2000).

Dependiendo de la región climática, las turberas se disponen a distintas altitudes. Se pueden encontrar en llanos de las regiones circumpolares, en planos y altitudes de las regiones templadas, y solamente en altitudes en las regiones tropicales (BAFFRAY et al., 1989). En Chile las plantas insectívoras habitan principalmente en las turberas existentes en la cordillera de la costa, en la parte sur del país, sobre los 800 metros de altitud (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991; ZIN y WEISS, 1980).

Las turberas que se disponen en elevadas altitudes muestran una variada microtopografía. Como se puede apreciar en la FIGURA 26, existen áreas planas o ligeramente hundidas, dominadas por *sphagnum* y herbáceas, superficies de aspecto granulado, y grandes abombamientos (inllós), junto con pequeños arroyos y pequeñas charcas temporales (XUNTA DE GALICIA)²⁹.



²⁹ XUNTA DE GALICIA: < http://www.xunta.es/conselle/cma/CMA05e/CMA05enHumidais/cast/humedal/datos/06d_1_4.htm> Octubre, 2003.

FIGURA 26. Turbera.

FUENTE: XUNTA DE GALICIA.

3.2.2. Cultivos al aire libre

3.2.2.1. Turberas artificiales

Las turberas artificiales se construyen al aire libre, aunque pueden también llevarse a cabo en invernaderos fríos. La elección del sitio es importante. Lugares luminosos y alejados de grandes árboles son importantes para evitar problemas indeseados como la acumulación de hojas. Además debe ser un sitio protegido del viento para evitar la desecación de la superficie (BAFFRAY et al., 1989).

Las dimensiones son importantes, demasiado pequeña una turbera funciona mal y nunca se equilibra señala BAFFRAY et al. (1989). Este indica que una superficie de al menos 4 m² es necesaria para obtener resultados satisfactorios.

La turbera deberá ser inscrita en una fosa de bordes inclinados, con una profundidad mínima de 50 cm y dotada de un fondo plano, o con escasa pendiente. Luego una capa de 5 cm de arena fina se colocará en el fondo y las paredes de la fosa, y se cubrirá de geotextil. Sobre éste último se extenderá una lona plástica resistente, que asegurará el estancamiento del agua, la cual se sujetará enterrando los bordes a unos 20 cm de profundidad de una trinchera estrecha cavada sobre el perímetro exterior. Nuevamente se cubrirá de geotextil y sobre éste se colocará una capa de 10 a 15 cm de material no calcáreo (grava gruesa o puzolana). El relleno deberá constituirse de sustrato de turbera ácida no enriquecida (bolsas deshidratadas de 100 a 300 litros que se encuentran en el comercio), que es necesario empapar y mezclar con agua no calcárea (BAFFRAY et al., 1989).

En la siguiente figura se esquematiza lo señalado anteriormente, y se señalan los componentes que se requieren, y su disposición dentro de la construcción.

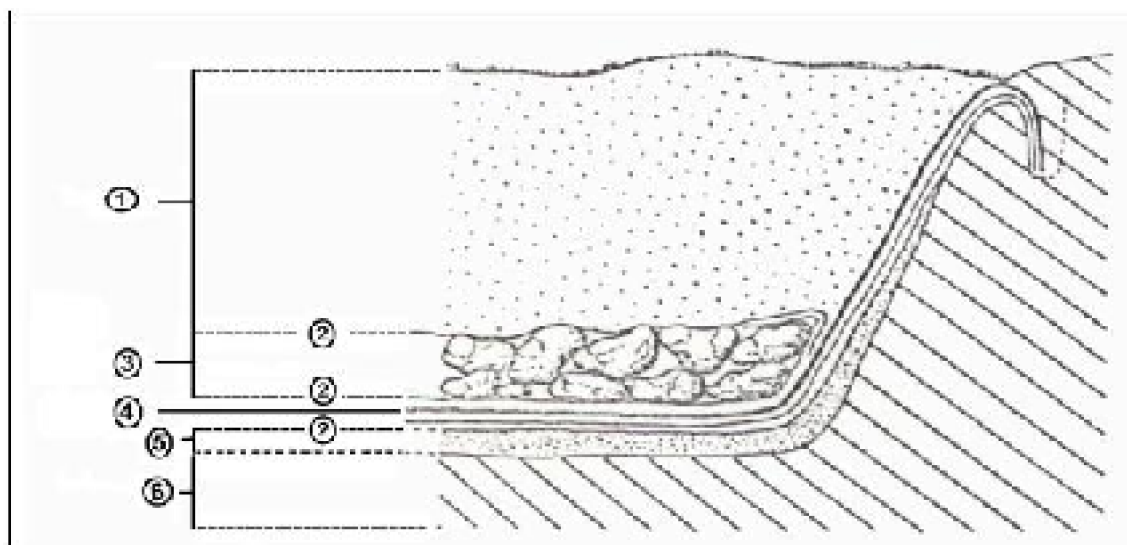


FIGURA 27. Vista de un corte realizado a una turbera artificial.

1: sphagnum; 2: geotextil; 3: drenaje; 4: lona plástico; 5: arena; 6: suelo.

FUENTE: BAFRRAY et al. (1989).

Como se puede ver en la FIGURA 28, un simple tubo enfundado de geotextil ubicado en la turbera, permite asegurar la altura del agua y eventualmente bombear un exceso.

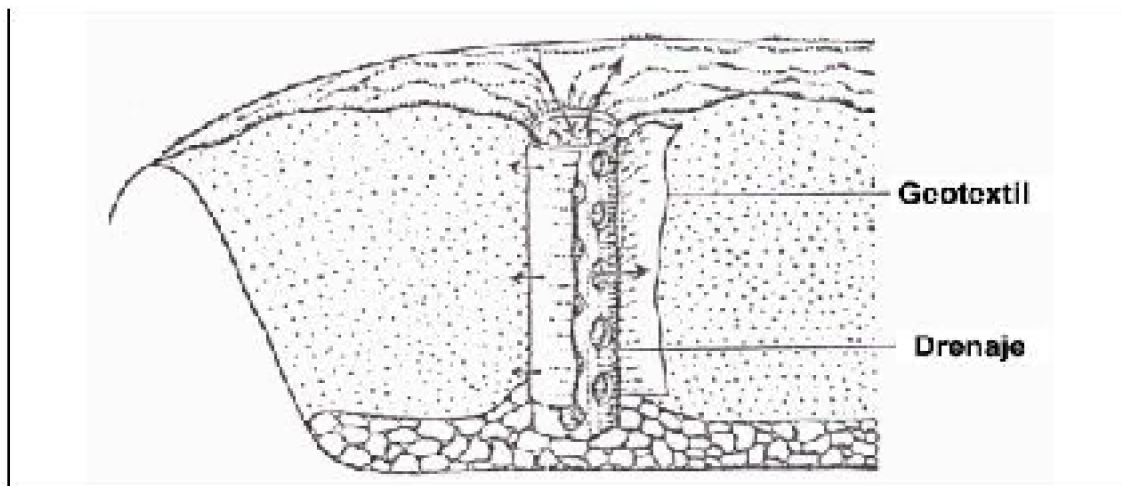


FIGURA 28. Tubo de desagüe de alimentación de la turbera.

FUENTE: BAFRRAY et al. (1989).

A causa de una evaporación importante en los meses de verano, se hace útil disponer de un estanque cisterna, o mejor aún, de un sistema de recuperación de agua para canalizarla, y de esta forma utilizarla nuevamente para la alimentación de la turbera.

Los niveles de agua que se deben mantener son diferentes según la estación señalan BAFRRAY et al. (1989). En la primavera la turbera debe estar llena hasta los 2/3 y mantenida a ese nivel durante el verano. En el otoño el nivel es progresivamente menor hasta alcanzar aproximadamente 1/3. Mientras que en el invierno, un nivel de agua por sobre el fondo del drenaje será suficiente (ver FIGURA 29).

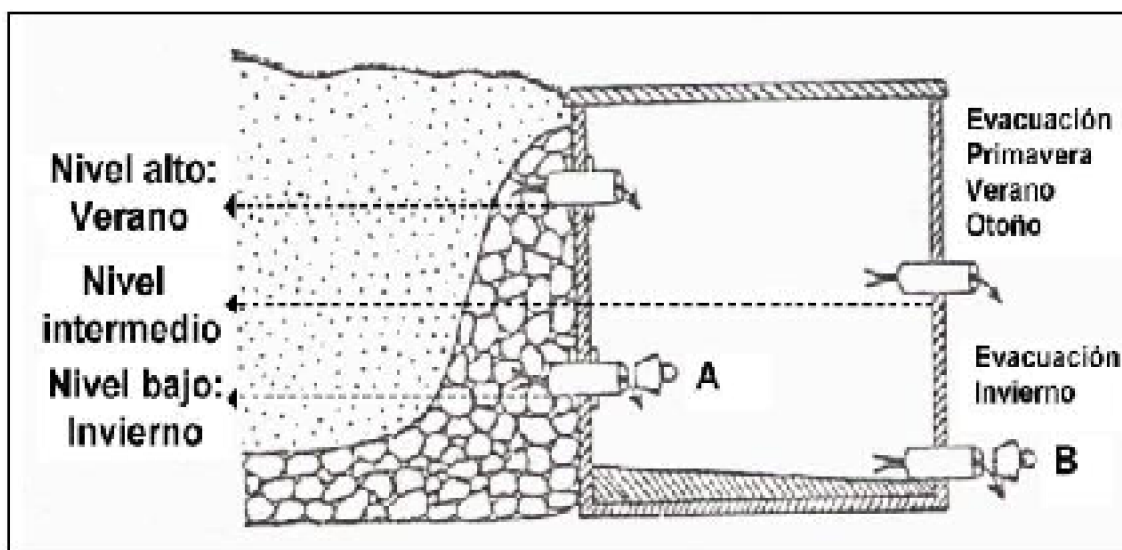


FIGURA 29. Esquema de la evacuación del agua de la turbera.

FUENTE: BAFFRAY et al. (1989).

Durante la primavera y el otoño, el tapón A debe ser retirado, y el tapón B debe ser puesto. En el verano ambos tapones deben estar puestos, y durante el invierno ambos deben ser retirados (BAFFRAY et al., 1989).

La instalación de plantas insectívoras debe realizarse en la primavera, después de todo riesgo de heladas. Se debe tener cuidado con las plantas del género *Pinguicula*, puesto que no se deben exponer en forma demasiado directa a la luz, es por esto que se recomienda dejarlas al pie de algún arbusto. La *Drosera* y *Pinguicula* como son plantas de raíces quebradizas, no deben ser enterradas demasiado, y siempre delicadamente. Un riego copioso al pie de la planta asegurará una buena adherencia del suelo a las raíces. Debido a las altas temperaturas en verano, los riegos ligeros son justificados, teniendo en consideración sin embargo, no mojar las trampas (en este caso el mucílago) de las plantas (BAFFRAY et al., 1989).

3.2.2.2. Turbera de presentación

Es un tipo de instalación temporal. Generalmente se adopta al momento de la llegada de las estaciones más favorables (primavera y verano). Es similar a una turbera artificial sólo que más simplificada. Los pots y vasijas son enterrados en el substrato compuesto de turba ácida no enriquecida. Son retiradas, según su género, antes de las primeras heladas para el caso de *Drosera*, y mucho antes, cuando ya comienzan los primeros vientos fríos nocturnos, para la mayoría de las *Pinguicula* (BAFFRAY et al., 1989).

3.2.3. Cultivos bajo techo

3.2.3.1. Cultivos dentro de cofres

El cultivo dentro de cofres ofrece una protección bajo toda temperatura para plantas cultivadas en exterior.

La instalación consta de un cofre y de uno o más vidrios enmarcados (ver FIGURA 30). Debe ser firme para prevenir choques y heladas, además de ser ligero y práctico. Puede ser de madera o fierro, pero el ideal es aluminio. El vidrio se puede reemplazar por plástico transparente que es más liviano y resistente. Para cualquiera de los dos casos, afirman BAFFRAY et al. (1989), es preferible dividir los compartimentos de la superficie (tapa) para evitar quebraduras.

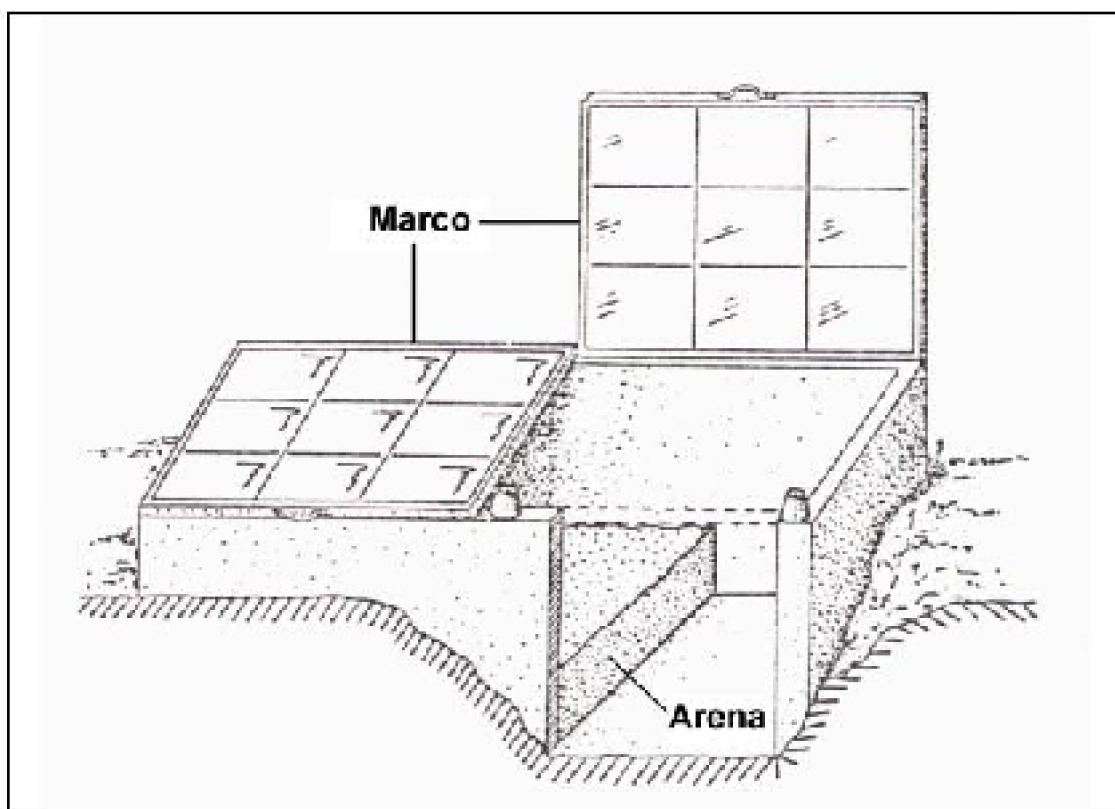


FIGURA 30. Dibujo de un cofre para cultivo.

FUENTE: BAFFRAY et al. (1989).

El cofre se ubicará en un plano inclinado, con el fin de no acumular agua en la superficie. Además irá sobre una lona enterrada a unos 60 cm de profundidad. Esto se hace puesto que mientras las plantas estén instaladas más bajo que el nivel del suelo, se encontrarán menos expuestas a las heladas (BAFFRAY et al. (1989).

En la FIGURA 31 se aprecia una vista lateral de un cofre para cultivos, en donde queda demostrada la idea anterior.

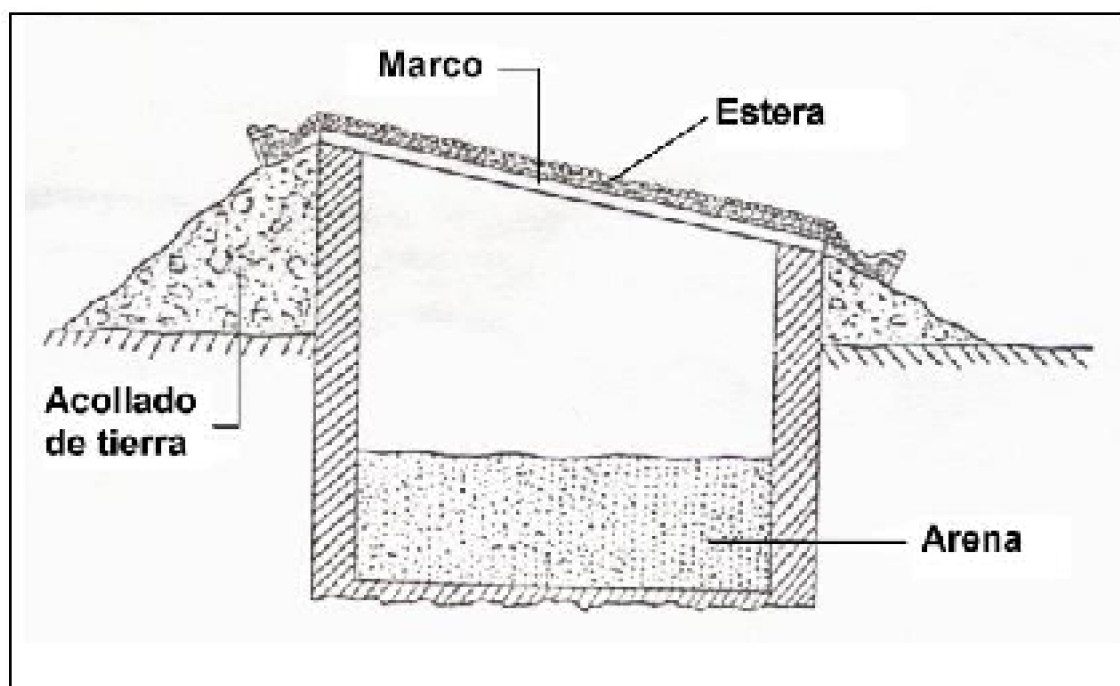


FIGURA 31. Vista lateral de un cofre para cultivo.

FUENTE: BAFFRAY et al. (1989).

3.2.3.2. Cultivos en invernaderos

Una luminosidad máxima, una aireación eficaz, la mantención de una buena humedad, cientos de comodidades y una presentación agradable hacen de los invernaderos una instalación ideal para la gran mayoría de las plantas insectívoras, señalan BAFFRAY et al. (1989). Esto se ve apoyado por WAWROSCH (1993) quien afirma que todas las especies de *Drosera* son capaces de aclimatarse a las condiciones de invernaderos, donde crecen en total normalidad.

El invernadero representa sin embargo una fuerte inversión y gastos de mantenimiento que son un obstáculo para los cultivos de los aficionados. BAFFRAY et al. (1989), señalan que existen dos tipos de invernaderos:

- Invernaderos fríos. Corresponden a aquellos en que los cultivos se mantienen en invierno a unos 10°C y en verano a unos 25°C, con una humedad del aire de 70%. Ellos acogen naturalmente a las plantas de regiones templadas a subtropicales y también a las especies tropicales de altitud de los géneros *Heliamphora*, *Nepenthes* y *Pinguicula*. Las *Drosera* de origen tropical (a excepción del *D. schizandra*) pueden también ser cultivadas.
- Invernaderos calientes. Estos corresponden a un lugar de cultivo en donde la temperatura oscila entre 22°C en el invierno, y 28 a 30°C en el verano, con un porcentaje de humedad cercano al 100%. Acogen las plantas de origen tropical, de géneros como *Utricularia* y *Nepenthes*, las *Pinguicula* epífitas, *Drosera schizandra* y *Drosera prolifera* así como *Byblis liniflora*.

En la siguiente fotografía es posible observar un invernadero construido por un aficionado para el cultivo de *Pinguicula*.



FIGURA 32. Invernadero.

FUENTE: PARTRAT y LEGENDRE (2002).

Este invernadero está construido de policarbonato que es un material muy resistente al granizo. Lo ideal es contar con planchas que tengan un espesor mínimo de 8 mm. Para evitar que en días soleados la temperatura suba demasiado, es recomendable colocar cortinas, y en invierno usar calentadores. También es necesario un ventilador, de manera que el aire se este recirculando siempre, señalan PARTRAT y LEGENDRE (2002).

Las siguientes fotografías tomadas a distintos cultivos de *Pinguicula*, reflejan lo señalado por BAFFRAY et al. (1989), quien destaca que el invernadero es el sitio ideal para llevar a cabo los cultivos de estas plantas.



FIGURA 33. *Pinguicula* en invernaderos.

FUENTE: PARTRAT y LEGENDRE (2002).

3.2.3.3. Cultivos dentro de departamentos

El cultivo de plantas dentro de un departamento tiene la desventaja de presentar, a él o los cultivos, una temperatura demasiado constante y prolongada (aprox. 20°C). Por ello, para no provocar un desgaste en la planta, debido a un crecimiento continuo, es necesario cada cierto tiempo ubicarla en un sitio más oscuro y frío (aprox. 10°C) (BAFFRAY et al., 1989).

3.2.3.3.1. Potes y recipientes. Por razones de conveniencia, ubicación, transporte, manipulación, comercialización, etc. el pote o vasija es el medio de cultivo más corriente. Nunca deben ser descuidados en periodos de vegetativos, además deben mantenerse agrupados, y con controles periódicos de humedad

Su baja capacidad presenta el evidente inconveniente de privar a la planta de espacio y de limitar el buen desarrollo de especies de gran tamaño (BAFFRAY et al., 1989). Sin embargo, pots constituidos con turba y grava, en proporciones iguales, han dado buenos resultados para el cultivo de *Pinguicula antarctica* (PARTRAT y LEGENDRE, 2002).



FIGURA 34. Constituyentes del medio de cultivo.

FUENTE: UNDERC (2002)³⁰ ; PARTRAT (2002).

Como se aprecia en la fotografía anterior la arena, o mejor dicho la grava, utilizada en acuarios es una buena alternativa como constituyente.

Algunos datos entregados por cultivadores de *Pinguicula* señalan, a diferencia de otros como BAFFRAY et al. (1989), que no hay inconveniente en dejar la planta expuesta directamente al sol durante todo el día. De hecho PARTRAT (2002) así lo ha demostrado con sus cultivos de *Pinguicula antarctica*. El señala que ha obtenido flores, y recolectado una buena cantidad de semillas de esta especie, las cuales envía a Australia para realizar cultivos *in vitro*, con las que se han logrado obtener buenos resultados.

3.2.3.3.2. Acuarios. Obviamente está enfocado a los géneros acuáticos como son *Utricularia* y *Aldrovanda*. Aunque se trate de cultivos de un mismo género se recomienda separarlos si se tiene distintas especies, puesto que la competencia puede jugar más a favor de una de las especies. Para más detalles ver BAFFRAY et al. (1989)

3.2.3.3.3. Terrarium e invernaderos de escaparate. Puede ser destinado para el cultivo de plantas terrestres o semiacuáticas. Son construcciones de vidrio con una abertura lateral. Según su concepción se pueden cultivar plantas en pots (al suelo o suspendidas), o plantas instaladas en un medio reconstituido. Estos tipos de instalaciones permiten una presentación estética ambientada en su medio de crecimiento, y una vez realizada, ofrece un espacio protegido que facilita el cultivo y la mantención (BAFFRAY et al., 1989).

3.2.4. Mantención de los cultivos

En la naturaleza las plantas están sujetas a ciclos estacionales que se pueden dividir en dos períodos: uno vegetativo, en donde la planta crece, se produce la inflorescencia,

³⁰ UNDERC, 2002: < <http://www.nd.edu/~underc/underc19g.htm> > Octubre, 2003.

maduran sus frutos y generan reservas; y otro de reposo, durante el cual viven a menor intensidad (BAFFRAY et al., 1989). Según BAFFRAY et al. (1989), a cada uno de estos períodos corresponden prácticas de jardinería necesarias para el buen comportamiento de los cultivos, como controles de limpieza, y una constante distribución del agua.

En periodos de reposo, continúan BAFFRAY et al. (1989), los cultivos expuestos a heladas deben conservar hasta el final del invierno las hojas muertas, ya que éstas garantizan una protección natural contra el frío. Su corte causaría daños que favorecerían la penetración de heladas. Al contrario, en instalaciones donde la temperatura se mantiene en torno a 10°C, las hojas de la roseta se cortan a nivel del suelo luego del amarilleo de éstas. Producto del corte, se debe esparcir un producto fungicida para evitar el desarrollo de mohos (BAFFRAY et al., 1989).

A pesar de sus trampas, las plantas carnívoras pueden ser atacadas por pequeños insectos capaces de causar su muerte. Algunos insectos, por ejemplo, aprendieron durante la evolución a frustrar estas trampas, o a aprovecharse de las presas capturadas por la planta sin caer en ellas (comensalismo), o alimentarse de sus tejidos. También se las arreglan para depositar sus larvas, donde estas prosperan lejos de depredadores, causando a veces serios daños (parasitismo). Habitualmente estos parásitos no se encuentran en las especies puestas a la venta en el comercio. En caso de que aparezcan deben ser sacados rápidamente de modo de evitar su proliferación. La mayoría de los tratamientos son realizados con productos químicos, principalmente por riego y vaporización. Su acción opera o por contacto directo sobre el parásito, por envenenamiento de los huéspedes indeseables, o después de la asimilación por la planta del producto transportado por la savia (BAFFRAY et al., 1989).

Para evitar problemas con este tipo de situaciones es conveniente tomar algunas precauciones. LEGENDRE y PARTRAT (2002), señalan que se debe:

- Utilizar siempre potes limpios al replantar.
- Usar siempre tierra nueva. Usar tierra de jardín puede tener efectos desastrosos.
- Aislar cualquier planta nueva por un mes, y revisar frecuentemente si aparecen insectos o señales de enfermedad. Esto también se extiende a cualquier planta que se halla dejado en el exterior durante el verano.
- Quitar prontamente fuentes de infección, como flores u hojas muertas.
- Examinar la planta de forma regular.

El transplante de las plantas jóvenes a potes de mayor tamaño cada año, afirman BAFFRAY et al. (1989), se hace conveniente si se quiere obtener un buen desarrollo.

También es importante señalar que las adaptaciones naturales de las plantas carnívoras las hacen independientes de abonos especiales (GALAMBOSI et al., 1999).

Estas precauciones sumadas a una conveniente cantidad de agua, un suelo apropiado, y el movimiento cuidadoso del aire fresco, harán a las plantas más saludable y resistente a insectos y enfermedades.

3.2.5. Experiencias prácticas en el desarrollo de cultivos artificiales

Incentivado por la Bioforce AG de Suiza, uno de los mayores usuarios de *Drosera* como materia prima, GALAMBOSI et al. (1999), y GALAMBOSI et al. (2000), llevaron a cabo una serie de experiencias con especies del género *Drosera*, con la finalidad de estudiar el desarrollo de estas plantas en un medio ambiente artificial, de manera de controlar su producción para propósitos comerciales.

La *Drosera rotundifolia* y *D. anglica* (especies nativas de Escandinavia), son recolectadas regularmente debido a sus propiedades farmacéuticas, aunque, a causa de los cambios medioambientales se encuentren en peligro de extinción. En Finlandia por ejemplo, se educa a la gente joven para recolectar *Drosera rotundifolia* en forma regular, con el fin de usarla en el procesamiento industrial, llegando en la década del noventa a aumentar las cantidades cosechada de 100 Kg. a 2200 Kg/año (Carol, Lange, y Hämet-Ahti, citados en GALAMBOSI et al., 1999).

GALAMBOSI et al. (1999), desarrollaron una serie de pre-experimentos en Mikkeli, al sur de Finlandia, con el fin de obtener datos básicos sobre la reacción de la *Drosera rotundifolia* bajo condiciones artificiales de cultivo.

En primer lugar se enfocaron a comparar el crecimiento de cultivos bajo techo y al aire libre. Luego de dos meses de cultivos (regados con agua de la llave), no se observaron diferencias significativas en el crecimiento, sólo se destacó el hecho que las plantas de interior florecieron 30 días antes, lo que sin embargo no traía efectos perjudiciales visibles.

En el segundo experimento se comparó el crecimiento sobre turberas fertilizadas y no fertilizadas. Después de diez semanas, la mayoría de los cultivos sobre turba no fertilizada no presentaba inconvenientes, mientras que la proporción de cultivos muertos en la turba fertilizada fue de 95% para los cultivos al aire libre y 78% para los cultivos bajo techo.

También se comparó el efecto de regar los cultivos con agua de la cañería versus una solución al 0,2% de líquido de jardinería fertilizado. En esta tercera experiencia, después de 110 días, el 100% de las plantas regadas con agua de la llave estaba viva, mientras que el 77% de las plantas semillero regada con líquido fertilizado había muerto. Además el diámetro promedio de la roseta fue mayor en las plantas regadas con agua de llave, que el de aquellas plantas regadas con líquido fertilizado.

En su último pre-experimento GALAMBOSI et al. (1999), alimentaron a un grupo de plantas con una preparación de alimentos para peces, y a otro grupo (control) sólo lo regó con agua de la cañería. La preparación era ligeramente esparcida sobre las hojas, a intervalos de tres veces dentro de diez días. Luego de un mes y medio el diámetro promedio de las plantas control fue de 8,4 mm, mientras que el diámetro de las plantas alimentadas fue cercano al doble, 16,3 mm.

Sobre la base de estos resultados GALAMBOSI et al. (1999), concluyen que los fertilizantes químicos provocan efectos dañinos a la planta. Por otro lado preparaciones con contenido proteico, usadas para la alimentación, parecen aumentar el crecimiento de

la planta sin causarle efectos dañinos. Por último, el cultivo bajo techo con condiciones de temperaturas más elevadas parece no perjudicar el crecimiento normal de las plantas.

Por estas razones GALAMBOSI et al. (1999), consideraron continuar con experimentos bajo techo, y estudiar los posibles efectos de otras preparaciones con contenido proteico sobre el crecimiento, el ciclo de vida y rendimiento de *Drosera*.

Las especies utilizadas por GALAMBOSI et al. (1999), en este experimento fueron *Drosera rotundifolia* y *D. anglica*, y entre las preparaciones utilizadas como suplemento alimentario se cuentan: líquido fertilizante, leche en polvo y alimento para peces entre otros. Las plantas se regaron continuamente con agua de cañería (pH 6,9).

Finalizado el estudio se comparó las plantas control, y se pudo apreciar que las preparaciones aumentaban significativamente el tamaño de la hoja, excepto para algunas plantas en las cuales se observaron efectos tóxicos. Sin embargo con la mayoría se observaron aumentos de rendimiento y de peso.

En lo que concierne a análisis químicos (mediciones de 7-metiljuglona, flavonoides, quercetina, kaempferol, etc.), sólo efectos positivos fueron medidos producto de la alimentación suplementaria de las plantas, eso si con resultados distintos entre ambas especies.

Mayores detalles de éstos y otros resultados, así como las características químicas de los suplementos alimentarios utilizados en esta experiencia, pueden ser encontrados en GALAMBOSI et al. (1999).

Este fue el primer estudio en donde las posibilidades de crecimiento de la *Drosera* fueron abordadas desde la perspectiva de la producción de materia prima para propósitos industriales. Sobre la base de este primer cultivo experimental, afirman GALAMBOSI et al. (1999), parece posible la producción de materia prima a partir de especies de *Drosera* en condiciones de cultivos bajo techo y usando como sustrato turba no fertilizada, lo que demuestra la posibilidad de producir materia prima sin la explotación de turberas naturales.

GALAMBOSI et al. (2000), desarrollaron nuevos métodos de cultivo, con la finalidad de obtener datos sobre las características agrobiológicas de las especies *Drosera rotundifolia* y *Drosera anglica*. La idea esta vez se centró en la construcción de camas de turbera, de manera de disminuir los costos, y luego evaluar si la bioproductividad aumentaba, o si eran afectados los metabolitos secundarios. Todo esto permitiría obtener datos sobre el potencial biomásico de estas especies.

El experimento fue llevado al aire libre, en el Centro de Investigación de Agricultura de Finlandia, Producción Ecológica, Karila, Mikkeli. El campo experimental, 24 m², estaba situado a 20 m al este de un bosque soleado. Las turberas (camas de 3 m² x 0,7 m de profundidad) estaban constituidas por turba comercial no fertilizada de pH 3,5, y una hoja plástica de espesor 0,1 mm fue ubicada en el fondo de las construcciones.

Una vez sembradas las semillas, recolectadas de los lodazales alrededor de Mikkeli, se regó con agua de cañería (pH 7) por simple goteo para asegurar una humedad constante durante toda la estación de crecimiento.

Durante el invierno las camas de turbas se congelaron y quedaron cubiertas por la

nieve. En el verano la maleza era recogida regularmente y se extraían los insectos y caracoles. Durante el primer año, las camas fueron cubiertas con redes mosqueteras (ver ANEXO 3) para proteger los pequeños semilleros de las fuertes lluvias.

De manera de estimular el crecimiento de las plantas, un área de 4 x 2 m de las camas fue rociada uniformemente con leche en polvo, 1 g/m², en intervalos de 7 a 10 días.

De acuerdo a los 6 años de experiencia que poseen GALAMBOSI et al. (2000), señalan que el agua de cañería puede ser usada para irrigación de cultivos artificiales de *Drosera*. El pH neutro del agua aumenta levemente el pH de la turba comercial (de 3,6 a 3,95) después de tres años de irrigación, pero estos cambios no afectan de forma visible el crecimiento de la planta. Además no se observan diferencias significativas en otros elementos minerales contenidos en el sustrato de crecimiento.

Las características químicas de la turba comercial utilizada en estas experiencias se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 8. Características químicas de la turba comercial (pH 3,6).

COMPUESTO	CONTENIDO mg/l
N	14,1
P	9,6
K	46,1
Ca	250
Mg	4,8

FUENTE: GALAMBOSI et al. (1999).

Si bien, como se dijo anteriormente, hubo un aumento en el pH de las turberas, este cambio no se vio reflejado en el rendimiento dentro de esta experiencia. El promedio de plantas en la naturaleza fue de 20-50/m², mientras que la densidad en las camas de crecimiento fue cerca de 920-2710/m².

El aporte regular de alimento (leche en polvo) demostró nuevamente tener un efecto positivo en la acumulación biomásica de la planta, aunque afectó levemente la producción de metabolitos secundarios, monitoreados principalmente sobre el contenido de 7-metiljuglona y algunos flavonoides. Los distintos niveles de los compuestos examinados en este experimento, señalan GALAMBOSI et al. (2000), hacen necesario realizar nuevos estudios.

Ambas especies de *Drosera*, afirman GALAMBOSI et al. (2000), pueden ser exitosamente cultivadas al aire libre en camas de turba. Estas permiten la producción de materia prima de *Drosera* en una localidad concentrada, controlando sistemas de cultivo. Eso sí, como ocurre con todo tipo de cultivo, todos los sistemas de crecimiento, como son: irrigación, desmalezado, organismos competitivos, animales y otros efectos desfavorables, necesitan ser controlados continuamente.

Al igual que el género *Drosera*, el género *Pinguicula* también ha sido objeto de múltiples estudios. Estos abarcan tanto aspectos ligados netamente a la fisiología de la

planta, como lo son asignación de recursos y costos de reproducción (WORLEY y HARDER, 1996; THOREN et al., 1996; ECKESTEIN y KARLSSON, 2001), así como otros enfocados, al igual que en *Drosera*, a la parte de cultivos y rendimiento (THOREN y KARLSSON, 1998).

Los autores THOREN y KARLSSON (1998), investigaron durante un período de 6 años (1989 a 1994) los efectos de la alimentación suplementaria sobre el crecimiento y la reproducción de tres especies de plantas. *Pinguicula alpina*, *P. villosa* y *P. vulgaris*, fueron cultivadas en dos distintas altitudes en un medioambiente subártico, donde fueron alimentadas con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), en contraste con plantas sin tratamientos, o sea no alimentadas, correspondientes al control.

La decisión de alimentar las plantas con mosca de la fruta se debió al hecho de que ambos autores consideraban que la mayoría de los experimentos sobre los beneficios de las presas capturadas habían sido llevados bajo condiciones en las cuales las presas naturales habían sido excluidas.

El material usado en la experiencia de THOREN y KARLSSON (1998) constaba de tres especies del género *Pinguicula*. Como ya es sabido todos los miembros de este género son carnívoros, sin embargo, las especies difieren en aspectos morfológicos, fenológicos, sistema reproductivo, selección de hábitat, así como su éxito como carnívora. Es así como en algunas áreas se ha determinado una vida media para la población de la *P. villosa* de 1,9 años y de 7,5 años para la *P. alpina* y *P. vulgaris*.

La experiencia se llevó a cabo al aire libre cerca de la Estación de Investigación Científica de Abisko, al norte de Suecia. Allí se dividieron las especies en dos poblaciones. Las primeras fueron ubicadas en una altitud baja, en un brezal subalpino a aproximadamente 400 m de altitud en el valle de Abisko, y las otras en un prado alpino a aproximadamente 800 m, en el monte Njulla. El suelo en los sitios de baja altitud era seco y más sujeto al levantamiento de heladas que en los sitios de mayor altitud. Además cada año, desde 1989 a 1994, se le asignó a cada planta un tratamiento de alimentación con la mosca de la fruta (dos por semana) que había sido muerta por congelación.

En el modelo del análisis (análisis de varianza) se incluyeron cuatro factores: alimentación, especies, tipo de hábitat (baja y alta altitud) y año.

THOREN y KARLSSON (1998) concluyen que siempre la alimentación suplementaria provoca un aumento en el tamaño de las especies, independiente de las altitudes, aunque sí la respuesta fue algo más marcada en las plantas que se encontraban a menor altitud. Además ellos señalan que la frecuencia de floración fue mayor en las plantas que recibían alimento y que la producción de semillas también aumento levemente producto de la alimentación, aunque señalan sí que la producción de semillas puede ser más dependiente de factores abióticos que de la disponibilidad de recursos, cuando las plantas se desarrollan en ambientes fríos. Una estación de crecimiento más larga o más cálida daría a las semillas tiempo para madurar, y así con una mayor frecuencia de estaciones cálidas, podría esperarse una reproductividad más alta a mayores altitudes.

Todos los experimentos presentados anteriormente, a pesar de diferir en los sistemas de alimentación (GALAMBOSI et al., 1999; THOREN y KARLSSON, 1998) y en la mantención, cultivos en exterior o bajo techo (GALAMBOSI et al., 1999), tienen la

similitud de desarrollarse siempre en el medio natural de estas plantas, o sea la turba. Sin embargo la posibilidad de desarrollar cultivos, por así decirlo, de manera no convencionales no es ajena. Como se señaló anteriormente la obtención de estas plantas se hace difícil a la hora de utilizarla como materia prima para propósitos más industrializados. Por esta razón el desarrollo de nuevas técnicas de cultivos cobra un valor importante. Entre estas la más extendida corresponde a la de los cultivos *in vitro*.

3.2.6. Cultivos *in vitro*

En los cultivos *in vitro* las plantas crecen sobre un medio que ha sido optimizado. Condiciones como la luz y temperaturas permanecen estables y optimas, por lo tanto no existen riesgos de perder una planta por el ataque de un organismo infeccioso (hongos o insectos). Por esta razón los cultivos *in vitro* (ver FIGURA 35) constituyen una buena herramienta para asegurar el desarrollo normal de una planta (LEGENDRE, 2002).



FIGURA 35. Cultivos *in vitro* de *Pinguicula*.

FUENTE: READ (2002).

Los géneros *Drosera* y *Pinguicula* tienen comportamientos similares en cultivos en pots, esto se refleja también en los cultivos *in vitro*. Si una especie se reproduce por cortes de la hoja o de la raíz, hará lo mismo en un cultivo *in vitro* (LEGENDRE, 2002).

WAWROSCH et al. (1993), propagaron especies de *Drosera rotundifolia in vitro* de manera exitosa. Sus objetivos eran obtener material para utilizarlo en el ámbito farmacéutico. Algo similar llevaron a cabo CORNEANU et al. (1998). Ellos investigaron el crecimiento de *Drosera rotundifolia in vitro* sobre ferro-fluidos, y al igual que WAWROSCH et al. (1993), sus objetivos eran aumentar las cantidades, ya que los usos de esta planta se encuentran limitados por la dificultad de preservarlas, así como por las pequeñas cantidades de material biológico obtenible.

Desafortunadamente, señala LEGENDRE (2002), los cultivos *in vitro* consumen demasiado tiempo y esto no siempre se ve compensado por los resultados, además los géneros como *Drosera* y *Pinguicula* crecen y se multiplican rápidamente en invernaderos con condiciones ambientales convenientes. Además las plantas crecen rápidamente y los envases son pequeños, los medios *in vitro* se consumen rápidamente y las plantas tienen que ser movidas a un envase nuevo cada dos meses aproximadamente

En su conjunto todas estas técnicas, convencionales o *in vitro*, tienen un objetivo en común, aumentar la cantidad de plantas existentes. Las motivaciones para cultivarlas son variadas, por un lado se pueden llevar a cabo estudios de ellas con la finalidad de educar, o bien como ya se ha visto, para aprovechar su potencial en el área comercial. Entre estas áreas, la medicinal parece ser la más recurrente, aunque también, como se verá en las próximas páginas, el área alimentaria no se podría descartar.

3.3. Leches fermentadas

La definición de la Federación Internacional de Lechería (FIL) para las leches fermentadas ha sido establecida como: “producto lácteo preparado de leche, descremada o no, con cultivos específicos; la microflora es mantenida viva hasta su venta al consumidor y no debe contener ningún germen patógeno”. (PUHAN, 1988).

A pesar de su extensa masificación, los productos fermentados sólo despertaron el interés de la Federación Internacional de la Leche a partir del año 1961, cuando a los países miembros se les consultó acerca de los tipos de productos fermentados elaborados en su país (PUHAN, 1988).

Prácticamente, cada población de la antigua Asia, Europa o África tiene un nombre propio para los productos fermentados (TRUM, 1973), lo cual indica que probablemente existan cientos de nombres distintos para cada producto (TAMIME y ROBINSON, 1988).

La leche de los mamíferos domésticos ha formado siempre parte importante del alimento de los seres humanos desde tiempos prehistóricos. Los productos lácteos

fermentados constituían una importante fuente de subsistencia en aquellas zonas montañosas o desérticas donde en ciertas épocas del año resultaba difícil la provisión de alimentos, por ello se les tenía gran estima, y frecuentemente recibían el nombre de “vida”, “larga vida” o “salud” (CHAVARRI et al., 1983).

A través del tiempo son muchas las historias tejidas en torno a las leches fermentadas. La tradición persa, por ejemplo, señala que la fecundidad y longevidad de Abraham se debía al consumo del “yoghourt” (choeneck o masslo). Por otra parte se señala que el “kéfir” fue introducido por Mahoma entre su pueblo, y por eso era conocido también como la “bebida del profeta” (TRUM, 1973). Se dice también que Genghis Khan, el célebre guerrero mongol del siglo XII, alimentaba a su invencible ejército con “kumis”, un tipo de leche de yegua fermentada, ligeramente alcohólica con un sabor parecido a la cerveza (SABORMEDITERRANEO, 2003)³¹.

Antiguamente la elaboración tradicional de los productos lácteos fermentados consistía en dejar la leche cruda o la nata a temperatura ambiente, con el fin de que la flora láctica se desarrollara lo suficiente como para provocar la fermentación, aunque también se podían añadir como fermentos empíricos pequeñas cantidades del mismo producto procedente de la fabricación anterior (CHAVARRI, 1983). Esta fermentación se producía naturalmente y era a causa de los múltiples microorganismos que pululan en el ambiente y caen sobre ella (AGENJO, 1956; SANDBERG, 1976).

Hoy en día esto no ocurre, ya que durante la elaboración la fermentación está dirigida por técnicos que conocen los microorganismos y sus acciones, y pueden vigilar la fermentación, con el fin de orientarla en el sentido deseado y obtener una leche que tenga las condiciones y la composición más conveniente. Para ello se regulan parámetros como la temperatura, la aireación y la humedad, y una vez alcanzado el grado de acidez necesario se puede detener la multiplicación por el frío (AGENJO, 1956). Se pueden utilizar mezclas de cultivos, aunque en algunos casos se emplea un solo microorganismo (TAMIME y ROBINSON, 1988).

A pesar de lo anterior, es preciso señalar que muchos de los pueblos que han fabricado productos lácteos fermentados, han conservado la elaboración de forma pura, ya que la técnica ha sido transmitida de generación en generación (TRUM, 1973).

3.3.1. Leches fermentadas de los países nórdicos

En los países escandinavos se elaboran un gran número de leches fermentadas, y todas ellas presentan las mismas características reológicas, carácter filamentosos y viscoso, y de conservación, la duración del producto es de hasta 10 meses (BOUDIER, 1985).

Los distintos nombres que adquiere esta leche, según el país de origen (ver CUADRO 9), revelan su principal característica, la viscosidad. Debido a esta característica sus nombres por lo general se traducen como: “leche larga”, “leche viscosa” o “leche filamentosos” (AGENJO, 1956; ALAIS, 1985; FLEISCHMANN, 1924; PETTERSSON, 1988).

³¹ SABORMEDITERRANEO, 2003: < <http://www.sabormediterraneo.com/cocina/yogur.htm> > Octubre, 2003.

CUADRO 9. Nombres de leches filamentosas elaboradas en países escandinavos.

Nombre del producto	País	Observación
Gräddfil	Suecia	
Langfil	Suecia	Similar a Viili
Langmjölk	Suecia	Producto lácteo levemente alcohólico, incubado con hojas de <i>Pinguicula vulgaris</i> .
Langemelk		
Longmilk		
Lättfil	Suecia	Similar al Filmjolk con un porcentaje de materia grasa de 0.5%.
Pitkapiima	Finlandia	Similar al Taetmjolk
Ropy milk	Suecia	
Taetmjolk, tätte, taette	Noruega	Levemente alcohólica
Tykmaelk	Dinamarca	
Viili, vilia, filia	Finlandia	Contiene el moho <i>Geotrichum candidum</i>

FUENTE: HUMMEL (2002).

La taetmjolk (leche larga) es una leche fermentada medianamente ácida (pH 4,4), densa y viscosa, de una agradable consistencia producto de hilos aromáticos. Tiene un importante valor para las comunidades rurales por su vida útil de varias semanas a bajas temperaturas, además posee la ventaja sobre el yogurt y el kefir de que no se precisa prepararla fresca cada dos o cuatro días, sino que sólo se necesita renovarla en largos períodos de tiempo hasta de un año o más (NEDOGON, 1946; ROBINSON, 1995). Sus características se deberían a la acción espontánea de streptococci adventicios (SANDBERG, 1976).

La tradición señala que este tipo de leches se obtiene cuando se adicionan hojas de *Pinguicula vulgaris* y *Drosera spp.* a la leche, o cuando las vacas comen estas hierbas, o al poner en contacto a la leche con el limaco negro común (babosa), conocida en Noruega como tättægubbe. Ambas plantas son conocidas localmente como tatgras (hierba espesante), así taetmjolk significa leche filamentosa o espesa (FLEISCHMANN, 1924; TAMIME y ROBINSON, 1988; TRUM, 1973).

Lineo, en su viaje a Laponia emprendido en 1732, conoció el taetmjolk y sobre tal producto informa textualmente como sigue: “hoy he recibido en algunos lugares sätmjölk, que otros llaman taetmjolk, también se me mostró la hierba del tätte, que es una *Pinguicula* con sus flores tan singulares. Una vez preparada, esta leche se consume durante todo el año y también se deseca y emplea como levadura desde el invierno hasta la primavera” (FLEISCHMANN, 1924).

ROBINSON (1995) señala que si bien las plantas son conocidas localmente, su modo exacto de acción parece no haber sido aún descrito.

Golding en el año 1912, citado en THOMAS y McQUILLIN (1953), no tuvo éxito en su intento de producir leches filamentosas en experimentos con unas pocas *Pinguicula* de Derbyshire. El afirmó, que es bastante probable que las hojas de estas plantas no

siempre infecten la leche con los microorganismos filamentosos necesarios para producir la viscosidad. Por otro lado FLEISCHAMNN (1924), señala que es incomprensible cómo se pudo forjar la leyenda de la formación del taetmjolk a partir de la atrapamoscas (*Drosera*) o el limaco, ya que se ha demostrado por muchos ensayos que ni la una ni el otro producen el efecto viscoso mencionado ni otro análogo.

A pesar de la afirmación de FLEISCHMANN (1924), existen múltiples libros y obras (GISLER, 1754; NEDOGON, 1946; TRUM, 1973), y pruebas científicas (Alm & Larsson citados en TAMIME y ROBINSON, 1988) que señalan como elaborar el taetmjolk apoyados en la utilización de estas plantas.

3.3.2. Elaboración de la leche filamentosa

GISLER (1754), señala en su “Descripción de cómo obtener la leche densa” lo siguiente: “Para ello se requiere *Pinguicula*, Lineo FL. 21, tätgräs que hay en los sitios ácidos y húmedos, al lado de las acequias, pero también en los bosques. De estas plantas se arrancan las hojas de las que se toma un puñado y se ubican en el fondo de un recipiente. Luego se agrega leche de cabra tibia dejándola, quieta durante 4 a 5 días y, reposar una estación entera”.

Lineo, continúa GISLER (1754), describe dos métodos de preparación. El primero consiste en frotar las hojas en las paredes de la vasija, y el segundo consiste en dejar las hojas dentro de una malla de tela fina para sumergirla en la leche. De igual modo puede ser usada la *Drosera*, sin verse ventajas particulares sobre la *Pinguicula*.

GISLER (1754), señala en forma textual: “para obtener una buena leche espesa, se debe retirar la materia grasa que se va acumulando y agregando leche nueva, y en ocasiones revolver el tiesto”. La duración de este producto, hasta de un año, permite tomar la leche y crema, elaborada en la temporada pasada, y frotarla en otro tiesto repitiendo el ciclo. Es importante no vaciar demasiada leche en los recipientes puesto que la distribución no es uniforme por la masiva exudación de suero. Según GISLER (1754), con leche de cabra se alcanza un mejor producto, con leche de vaca se pueden obtener buenos resultados pero el producto es un poco más azulino y acuoso.

Tomando estas consideraciones se obtendrá, según GISLER (1754), una leche completamente espesa sin suero, completamente blanca y fluida, bastante ligosa, con olor dulce y sabor agradable, algo grasoso, y una leche tan nutritiva como la natural.

NEDOGON (1946), presenta una descripción más detallada, él señala que una vez calentada la leche, deben agregarse las hojas del tatte (*Pinguicula vulgaris*), eso sí recalca que estas deben ser hojas tiernas y de plantas que aún no hayan florecido. Una vez puestas las hojas dentro de pequeños saquitos de tela, se debe introducir en la leche y se deja reposar a una temperatura de 15 o 20 grados. Según NEDOGON (1946), a partir del tercer día, ya se puede consumir, lo que puede hacerse durante todo el año, o también se puede desecar para utilizarla como fermento para elaboraciones posteriores. Se debe disponer la leche en bandejas muy planas, se desnatará y se dejará acidificar, vertiéndose después en recipientes de madera, con paredes impregnadas con sal y cebolla. Luego se añadirán nuevas porciones de leche ácida, removiendo bien y

separando el suero de la cuajada ácida que se forma, en ocasiones se puede dejar junto con el coágulo, conservándose durante mucho tiempo.

La autora TRUM (1973), señala haber tenido cultivos de leche tatte. Ella describe el siguiente método de preparación: “se colocan unas cuantas hojas de la planta en el fondo de una escudilla o cuenco y se vierte sobre ellas leche hervida. Se deja reposar la mezcla en un lugar cálido y la leche se espesa. Entonces se retiran las hojas, y pequeñas cantidades de la leche se vierten como cultivos sobre nuevas cantidades de leche fresca”. Según TRUM (1973), el poder del ácido láctico es tal, que permite a la leche de primavera así tratada conservarse para su uso en invierno, aunque para entonces haya cambiado considerablemente de aspecto y sabor. Además, afirma que no se debe remover, pues el suero se separa con facilidad. El producto obtenido señala TRUM (1973), es de un sabor suave y para aquellas personas que no gusten del sabor agrio del yogur, el tatte resultará agradable. Una vez inoculada la leche fresca con una pequeña cantidad de cultivo, se debe remover la mezcla y se deja fermentar a temperatura ambiente. Cuando ha fermentado, puede consumirse inmediatamente, o bien congelarlo para uso posterior. Según TRUM (1973), la consistencia que se obtiene es similar a la cuajada.

FLEISCHMANN (1924) destaca que con la *Pinguicula* se puede, en efecto, obtener leche filamentosas, pero al igual como señaló anteriormente NEDOGON (1946), sólo con las hojas jóvenes completamente desarrolladas en la primavera, de plantas que todavía no han florecido. El tatte obtenido de esta manera es, no obstante, falso tatte según FLEISCHMANN (1924), ya que sólo conserva su viscosidad pocos días, y en él no se encuentran los microorganismos que caracterizan al producto legítimo escandinavo, capaz de conservarse durante meses enteros sin pudrirse o alterarse esencialmente. Esto último se ve apoyado por Troili-Petersson, citado en THOMAS y McQUILLIN (1953), quien en el año 1913 fue capaz de obtener resultados positivos en la obtención de leches viscosas por la adición de hojas de *Drosera*, sin embargo el producto que obtuvo fue débilmente viscoso.

FLEISCHMANN (1924), indica que las hojas actuarían como fermentos vegetales, ya que en las hojas de las plantas carnívoras (*Pinguicula vulgaris* y *P. alpina*, *Sarracenia flava*, *Drosera rotundifolia*) se encuentran fermentos análogos a la pepsina, además el contenido de ácidos y taninos ayudaría a coagular la leche. Según Roginski, citado en HUMMEL (2002), la acción de estas hojas frecuentemente es sólo enzimática, aunque bacterias como la *Alcaligenes viscosum* pueden ser introducidas al producto.

Al parecer la utilización de estas plantas como cuajos vegetales sería muy conocida a través de la historia. BRONDEGAARD (1970) da a conocer una completa cronología de la utilización de distintos cuajos vegetales en donde destaca el uso de la *Pinguicula*, ya en el año 1500, y los procesos usados para la obtención de leches filamentosas. Algo similar ocurre con *Drosera*, dando a conocer que existen referencias a su uso ya hacia el año 1600.

Al parecer el antiguo y tradicional método implementado por Lineo, permite obtener buenos resultados (FORSEN, 1966; TRUM, 1973). De esta manera se puede obtener un sabroso producto, con un aroma similar al de la manzana, de buena consistencia y sin signos de sinéresis, con pH 4,4 y de una duración de hasta 3 meses a 8°C (Alm &

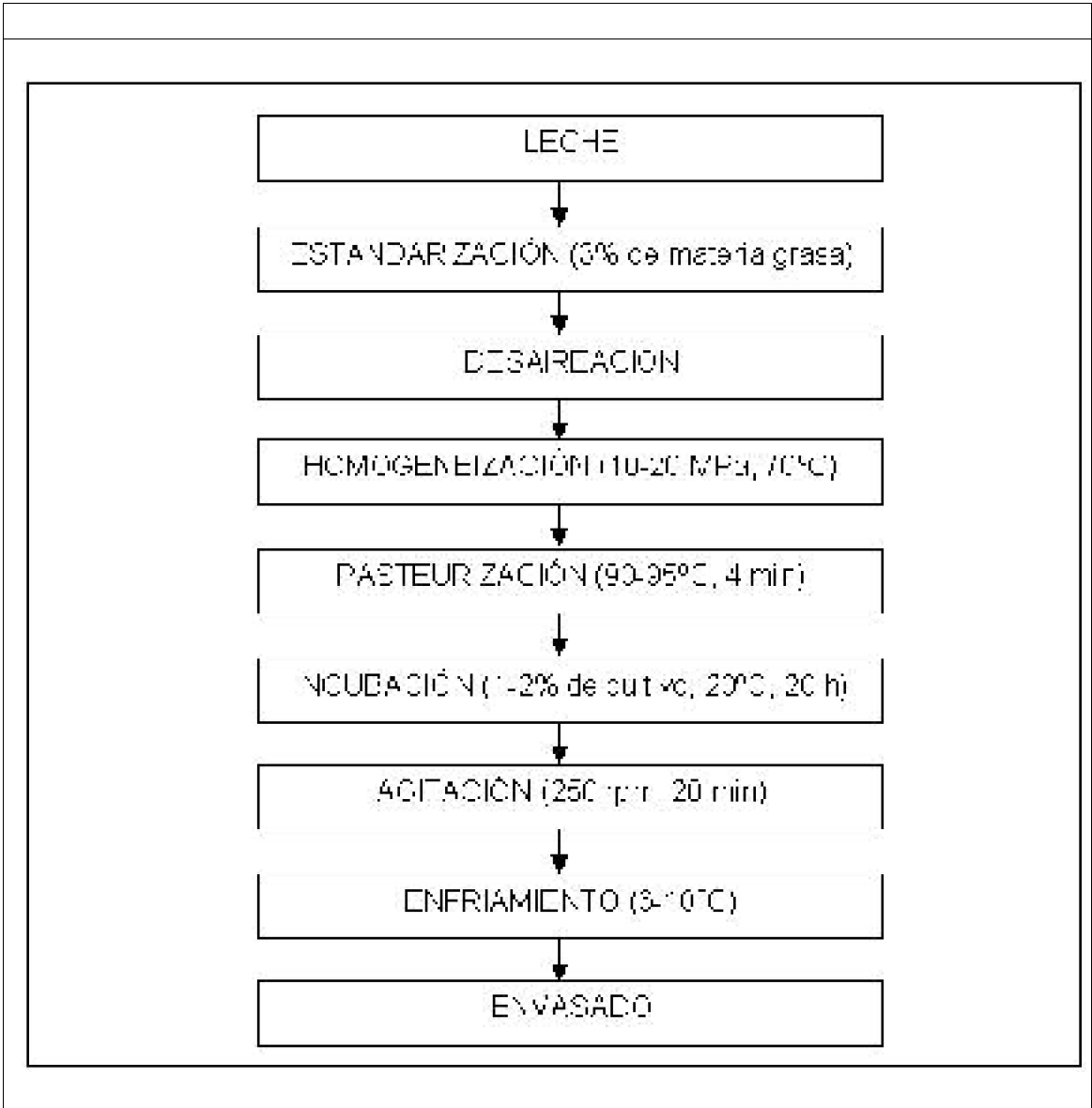
Larsson, citados en TAMIME Y ROBINSON, 1988).

Sin embargo, como es de suponer, para llevar a cabo productos similares en forma comercial, se deben implementar nuevas técnicas durante la producción. ALM (1982), señala que productos similares pueden ser elaborados por la juiciosa selección de cultivos. La base, leche de vaca normal con un contenido de grasa de alrededor de 3%, debe ser expuesta a un severo tratamiento térmico de 90°C por 3 minutos, e inoculada con cultivos especiales. Luego de incubada, por 20-22 horas a 17-18°C, la leche adquiere una acidez media (pH 4,5-4,6) junto con la característica filamentosa de la leche tradicional, y bajo condiciones controladas. BOUDIER (1985), indica que la elaboración se puede llevar a cabo con leche concentrada o no, y que la incubación debe llevarse a cabo a baja temperatura, 10-12° C, por un periodo de 16 a 18 horas para alcanzar entre un 1-2% de ácido láctico.

En la actualidad la empresa sueco-danesa ARLA fabrica en Suecia la filmjolk. El producto posee un contenido de materia grasa que varia entre 1,5 a 3%, y que alcanza una duración de 14 días (DUNN, 1995).

En el siguiente cuadro se puede ver una línea de flujo de la elaboración moderna de la filmjolk.

CUADRO 10. Línea de flujo para la elaboración de leche filamentosa.



FUENTE: BERTELSEN (1983), STORDAL y SAMUELSSON (1976).

3.3.2.1. Bacterias presentes en la leche filamentosa

Es claro que por tratarse de una leche nativa de regiones con climas moderados, no calurosos, las bacterias que prevalecerán serán las mesófilas (SANDBERG, 1976). Estas tienen un rango óptimo de temperatura entre 20 y 30°C (TAMIME y ROBINSON, 1988). Los cultivos para este tipo de fermentación corresponde a las bacterias de: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis biovar diacetylactis* y *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* (ROBINSON, 1995).

En el siguiente cuadro se puede apreciar un resumen de los tipos de fermentación que existen, con ejemplos de productos, y sus microorganismos.

CUADRO 11. Clasificación y ejemplos de productos de leche fermentada.

70	Ramírez Carrasco, Esteban Rodrigo
----	-----------------------------------

Fermentación		Nombre	Origen	Microflora
	mesófila	Taetmjolk Filmjölk	Países Nórdicos	<i>Streptococcus lactis subsp. lactis</i> , biovar <i>diacetylactis</i> ; <i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>
1. BAL(*)	termófila	Yogurt	Mundial	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> ; <i>Streptococcus</i>
	terapéutica	Bioghurt	Alemania	<i>Str. salivarius subsp. thermophilus</i> , <i>L. acidophilus</i> .
2. Levaduras ácido lácticas		Koumiss	Rusia	<i>Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Tórula koumiss</i> y <i>Sacc. lactis</i>
3. Mohos ácido lácticos		Viili	Finlandia	Similar a filmjolk, <i>Geotrichum candidum</i> .

(*): Bacterias ácido lácticas.

FUENTE: TAMIME y ROBINSON (1988).

Es importante señalar que la microbiología de las leches nórdicas filamentosas ha estado sujeta a un gran debate a través de la historia. Son múltiples los nombres con los que se ha señalado a los microorganismos. En el siguiente cuadro se resumen algunos de los nombres con los que se han conocido estos microorganismos, además del autor y el año en que lo cita.

CUADRO 12. Cronología de las bacterias aisladas desde las leches nórdicas.

Descubridor	Año	Nombres asignados
Jönsson	1898	<i>Streptococcus lactis</i> var. <i>hollandicus</i> (<i>Str. taette</i>)
Olsen-Sopp	1912	<i>Streptobacillus</i> , <i>Streptococcus</i> y <i>Sacharomyces</i>
Troili-Petersson	1913	<i>Bacterium droserae</i> o <i>Bacterium lactis longi</i>
Macy	1923	<i>Streptococcus piima</i> similar a <i>S. lactis</i> var. <i>hollandicus</i> y al <i>S. taette</i>
Nilsson y Nilsson	1950	<i>Str. lactis longi</i> , <i>Streptococci</i> y <i>Oospora lactis</i>
Sundman	1953	<i>Streptococcus cremoris</i>
Forsen	1966	<i>S. cremoris</i> , <i>S. lactis</i> , <i>S. diacetylactis</i> y <i>Leuconostoc</i> sp.
Alm	1982	<i>Streptococcus lactis</i> var. <i>longi</i> y <i>Leuconostoc cremoris</i> (<i>Citrovorum</i>)
Macura y Townsley	1983	<i>Streptococcus cremoris longi</i>
Boudier	1985	<i>Streptococcus lactis</i> u <i>hollandicus</i> y, <i>Streptococcus lactis</i> y <i>S. cremoris</i>
Roginski	1995	<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>cremoris</i> y <i>Lactococcus lactis</i> ssp.

FUENTE: BOUDIER (1985), BRONDEGAARD (1970), FORSEN (1966), HUMMEL (2002), MACURA y TOWNSLEY (1984), NILSSON (1950), SUNDMAN (1953), y THOMAS y McQUILLIN (1953).

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, no existe una claridad o una unanimidad a cerca de los microorganismos presentes en las leches nórdicas filamentosas. Esto se debe en parte a que los autores más antiguos están utilizando otra nomenclatura para designar a los microorganismos. En el siguiente cuadro se presenta una actualización de los nombres utilizados para designar a estos microorganismos.

CUADRO 13. Nomenclatura actual de los microorganismos presentes en la fermentación de productos lácteos.

NUEVA	ANTIGUA
<i>Lactococcus</i>	<i>Streptococcus (grupo N)</i>
<i>Lact. lactis subsp. lactis</i>	<i>Str. lactis subsp. lactis</i>
<i>biovar diacetylactis</i>	<i>subsp. diacetylactis</i>
<i>subsp. cremoris</i>	<i>subsp. cremoris o</i>
	<i>var. hollandicus</i>
	<i>(Str. taette)</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus</i>
<i>Lb. delbrueckii subsp. delbrueckii</i>	<i>Lb. delbrueckii</i>
<i>subsp. leichmannii</i>	<i>Lb. leichmannii</i>
<i>subsp. bulgaricus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>
<i>subsp. lactis</i>	<i>Lb. lactis</i>
<i>Lb. kefir</i>	<i>Lb. caucasicus</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>Leuconostoc</i>
<i>Leuc. mesenteroides subsp. mesenteroides</i>	<i>Leuc. mesenteroides</i>
<i>subsp. cremoris</i>	<i>Leuc. cremoris</i>
<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Oospora lactis</i>

FUENTE: MARSHALL (1987), PUHAN (1988), e IFO (2003) ³².

De los anteriores cuadros se puede deducir que el principal microorganismo presente en las leches nórdicas filamentosas, causante de la viscosidad, correspondería a las especies de *Lactococcus*. Ellos serían el *Lact. lactis subsp. lactis* y *Lact. lactis subsp. cremoris*. Mientras que los microorganismos responsables del sabor y aroma, fino y característico de estas leches, estaría dado por cepas de *Lactococcus lactis ssp. lactis var. diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris* y *Leuconostoc mesenteroides ssp. dextranicum* (ALM, 1982; Roginski citado en HUMMEL, 2002; WOLFERTSTETTER, 1969).

Una buena leche filamentosa debe contener en proporción aproximadamente un 60% de bacterias productoras de mucilaginosidad. El resto corresponderá a bacterias de *Streptococcus acidolactis*, no productoras de mucosidad, o sea, que no aportan a la viscosidad del producto final (NILSSON, 1950; WOLFERTSTETTER, 1969).

A pesar de conocer las cepas responsables de las características de estas leches, la producción industrial de la leche filamentosa en Suecia destaca por su difícil obtención (WOLFERTSTETTER, 1969).

³² INSTITUTE OF FERMENTATION OF OSAKA, 2003: < http://www.ifo.or.jp/db/A/MicroorO2_E.html > Octubre, 2003.

La variedad de bacterias presentes sumado a la constante presencia de bacteriófagos, debido a la vulnerabilidad de las cepas filamentosas y no filamentosas, originan importantes separaciones de suero juntos con aromas frutales y a malta que no son deseables (LAWRENCE et al., 1976; RANGANATHAN et al., 1979; WOLFERTSTETTER, 1969).

A estos se suman problemas propios que surgen al combinar cepas productoras de aroma. Si hacemos un paralelo con lo que sucede en la elaboración de quesos, se puede señalar que debe existir un balance entre ellas, de tal modo que la proporción de *S. diacetilactis* (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* var. *diacetylactis*) no sobrepase de manera excesiva al *L. citrovorum* (*Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*), de otra manera surgirán sabores defectuosos, casi cetónicos, debidos a la acumulación excesiva del acetaldehído, reflejado en el desarrollar de sabores frutales (Birkjaer y Haverbeck citados en BRITO, 1990).

Sin embargo, el principal problema de los cultivos empleados en este tipo de leches, sería al parecer la presencia de plásmidos. Ellos son elementos genéticos extracromosómicos, presentes en las bacterias, con capacidad de replicación autónoma (es decir, constituyen replicones propios), y son de cadena doble de ADN (IAÑEZ, 1997). Ellos provocan la inestabilidad de varias propiedades metabólicas y la variación en los rasgos fenotípicos de muchas cepas de bacterias ácido lácticas (DELLAGLIO, 1988), y se los ha descubierto en estudios sobre bacterias ácido lácticas mesófilas, extraídas desde las leches nórdicas filamentosas, longfil y villi (NEVE et al., 1988). Loyd, citado en LEGENDRE (2000), señala que la fermentación producto de estas cepas es poco fiable ya que la mayor parte de la información genética está contenida en los plásmidos de DNA de las bacterias.

A pesar de todo lo planteado anteriormente la gran incógnita, con respecto a la elaboración tradicional de estas leches, sigue siendo sí la aparición del *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* (*Streptococcus lactis longi*, o *Bacterium droserae*, o *Streptococcus lactis* var. *hollandicus*, o *Str. taette*) se debe a la acción de las plantas, empleadas en su elaboración, a su presencia natural en la leche, o posiblemente a su existencia en el medio ambiente (BRONDEGAARD, 1970). Algunos autores como HAVERBECK y JOFRE (1980), señalan que el *Streptococcus lactis* (*Lactococcus lactis*) se encuentra en forma natural en la leche al igual que el *Streptococcus cremoris*.

3.3.2.2. Bacterias productoras de mucílago, aisladas desde las plantas *Drosera rotundifolia* y *Pinguicula vulgaris*

En el año 1913 Troili-Petersson, citado en THOMAS y McQUILLIN (1953), aisló un cultivo puro de un bacilo gram negativo desde las hojas de *Drosera*, ellos causaban la viscosidad dentro de 24 horas, en salas temperadas, en leches esterilizadas, no así en leches frescas ni frías. El cultivo conservaba la propiedad de producir viscosidad por periodos superiores a tres años. La morfología de la bacteria variaba ampliamente, desde cortos a largos bacilos. Fue activamente móvil y se caracterizó por el desarrollo de distintos colores rojos en el medio de cultivo, cuando se cultivó en agar lactosado, agar nutritivo, y gelatina dextrosa a 18°C. En la leche estéril producía un color rojizo a 18 y

25°C. Troili-Petersson denominó al microorganismo *Bacterium droserae*, y por su similitud con el *Bacterium lactorubefaciens*, aislado por Weigmann, citado en THOMAS y McQUILLIN (1953), desde la caña (planta herbácea indígena de Europa meridional), supuso que tal vez eran cultivos variantes de una misma especie, ya que la *Drosera* y la caña son plantas que crecen en iguales condiciones en la naturaleza.

NILSSON (1950), realizó experimentos para verificar lo planteado por Lineo. Recolectó *Pinguicula* de distintos partes del país, y estudió la flora bacteriana que apareció una vez que las hojas de la planta se inoculaban en leche estéril. El demostró que la superficie de la *Pinguicula* estaba siempre cubierta por una flora bacteriana que contenía *Alcaligenes viscosum*, pero nunca *Str. lactis longi*. La bacteria *Alcaligenes viscosum* (o *viscolactis*), señala FRAZIER (1972), es un organismo procedente del agua o el suelo que crece con facilidad en torno a los 10°C.

THOMAS y McQUILLIN (1953), presentaron un estudio en donde se dan a conocer los microorganismos, causantes de la viscosidad de las leches, aislados a partir de plantas insectívoras. THOMAS y McQUILLIN (1953), trataron durante mucho tiempo, sin éxito, de aislar organismos viscosos desde la *Pinguicula*, colocando cortes de la hoja en leches estériles tornasol. Sin embargo en agosto del año 1950 fueron capaces de aislar de ambas, *Pinguicula* y *Drosera*, un número de diferentes tipos de bacterias las cuales producían viscosidad en leches tornasol y leches frescas sin calentar. Los siguientes pasos seguidos por THOMAS y McQUILLIN (1953) se presentan a continuación:

3.3.2.2.1. Muestreo. Las hojas de *Pinguicula vulgaris* y *Drosera rotundifolia* fueron colocadas dentro de jarras de Kilner, utilizando pinzas y tijeras estériles. La *Pinguicula* fue extraída desde manchones de agua de laderas (1000 pies de altura), mientras que la *Drosera* fue tomada de los pantanos altiplánicos a 1000 pies de altura en Llanafan, y de Borth Bog a nivel del mar. Dentro de una hora de muestreo las hojas fueron cortadas, bajo condiciones asépticas, en pequeñas piezas de ¼ de pulgada de largo, y en cantidades cercanas a 10 g, e introducidas en jarras de Kilner. Se agregó solución Ringer a las muestras pesadas, para hacer diluciones 1:10 (ejemplo, 10 g de hoja requirió 90 ml de solución). Las jarras fueron cerradas y colocadas en shaker por 20 - 30 minutos. Cantidades de 1 ml, de diluciones 10^{-2} a 10^{-7} , fueron colocadas en agar levadura dextrosa e incubadas por 7 días a 22°C

3.3.2.2.2. Aislamiento y purificación. Las colonias mucilaginosas y viscosas fueron sembradas en pendiente, en agar levadura dextrosa, e incubadas por 5 días a 22°C. Los cultivos viscosos de la pendiente fueron repicados en leches tornasol, e incubados durante 1 a 3 días a 22°C y 15 cultivos que producían viscosidad dentro de 48 horas fueron purificados en agua peptonada por inoculación, luego de incubados durante 6-18 h (22°C), y sembrados en agar levadura dextrosa (22°C). Las mejores colonias fueron nuevamente inoculadas en agua peptonada. El proceso de purificación se

debió repetir varias veces, en algunos casos hasta 12 veces, obteniéndose después de 18 meses, 9 cultivos puros, 5 de *Drosera* y 4 de *Pinguicula*. Estos cultivos lograron retener su propiedad viscosa durante todo el largo proceso de purificación

3.3.2.2.3. Bacterias aisladas desde *Drosera*. Los 5 cultivos aislados de *Drosera* fueron todos similares en características morfológicas, fisiológicas y de cultivo. Fueron pequeños bacilos móviles gram negativo (0,5 – 1,0 x 1,0 – 1,5 micrones) de disposición simple en caldo, pero como cortas cadenas encapsuladas en la leche. El área del agar levadura dextrosa presentó relucientes colonias viscosas que desarrollaron distintos pigmentos amarillentos. Las leches tornasol adquirieron viscosidad dentro de 48 horas, produciendo un ahilado de 3-5 pulgadas de largo. La leche se tornó ácida, y se formó un coagulo ácido dentro de 7 días, con una leve peptonización a los 14 días.

Los cinco cultivos, afirman THOMAS y McQUILLIN (1953), tenían un cercano parecido a el *Flavobacterium tremelloides* aislado por primera vez por Tils en 1890 desde agua de río en Freiburg

3.3.2.2.4. Bacterias aisladas desde *Pinguicula*. De los cuatro cultivos aislados desde *Pinguicula*, dos fueron bacilos aeróbicos esporulados, similares al *Bacillus cereus*. Fueron gram positivo, con endoesporas sub-terminales a terminales. Las leches tornasol se tornaba viscosas dentro de 24 horas a 22°C, siendo más tarde peptonizadas

El tercer cultivo fue un bacilo gram negativo. Fue clasificado como un microorganismo *coli-aerogenes* del tipo intermediario II. Las leches tornasol se tornaban viscosas a 22°C dentro de 24 horas, con formación de un coagulo ácido a las 72 horas.

Los cultivos de *coli-aerogenes* del tipo intermediario II y de *Bacillus cereus* no fueron los que se hallan comúnmente en los brotes de viscosidad en las leches crudas o pasteurizadas, según THOMAS y McQUILLIN (1953). Stark & Stark (citados en THOMAS y McQUILLIN, 1953) sostienen que cultivos no filantes de *coli-aerogenes* pueden ser rápidamente disociados en cultivos productores de mucilaginosidad por la adición de extractos de plantas preparados de lechugas, zanahorias, y otras hierbas.

El cuarto cultivo fue un bacilo gram positivo, no esporulado, corto e inmóvil, el cual se encapsuló distintamente en la leche. Las leches tornasol llegaron a ser muy viscosas (hilos de 5 - 6 pulgadas de largo) dentro de 24 horas a 22°C, siendo levemente alcalinizadas a las 48 horas, y más tarde levemente peptonizadas. Según THOMAS y McQUILLIN (1953), este microorganismo es parecido al *Bacterium healii*, aislado por Buchanan & Hammer, en el año 1915 (citado en THOMAS y McQUILLIN, 1953) desde leches viscosas, excepto por el pigmento naranja rosáceo producido en agar papa envejecido, y la leve etapa transitoria alcalina observada en leches tornasol.

THOMAS y McQUILLIN (1953), señalan que ninguno de los microorganismos aislados por ellos producía el pigmento rojo que se asocia a la presencia de la *Bact. droserae*, previamente aislada de la *Drosera*, o el *Strept. lactis* var. *hollandicus* derivado de la *Pinguicula*. El microorganismo, señalan THOMAS y McQUILLIN (1953), fue aislado por Jönsson en 1898, quien mantuvo que la viscosidad se debía a la infección de la leche por organismos filamentosos, los cuales habitaban sobre la hoja de las plantas, y no debido a una propiedad particular de las hojas.

A pesar de no encontrar estos microorganismos, THOMAS y McQUILLIN (1953), lograron comprobar que igualmente se podía obtener leches viscosas a partir de estas plantas, debido a la presencia de una gran cantidad de otras colonias de microorganismos causantes también del mismo efecto. Las hojas de *Drosera* dieron un promedio de $2,5 \times 10^6$ ufc/g sobre agar levadura dextrosa a 22°C, y las hojas de *Pinguicula* aproximadamente 1×10^7 ufc/g.

En los experimentos realizados por Alm en el año 1983, citado en TAMIME Y ROBINSON (1988), sobre leches viscosas elaboradas mediante el antiguo método de Lineo, se comprobó que el recuento total de bacterias viables en la leche era de $3,5 \times 10^8$ ufc/g.

Todos los cultivos, aislados por THOMAS y McQUILLIN (1953), conservaron la viscosidad en el laboratorio por un periodo de dos años, lo que indica lo permanente de esta característica. La característica filamentosa se lograba dentro de 20 a 48 horas, en salas temperadas, cuando un lazo completo se inoculaba en 10 ml de leche fresca. También producían viscosidad en la misma leche mantenida a temperatura de refrigeración de 4°C, luego de 24 horas de haberse inoculado. Según THOMAS y McQUILLIN (1953), las bacterias filantes aisladas de *Drosera* y *Pinguicula*, tendrían la capacidad de producir viscosidad en leches de granjas, siempre y cuando la leche no tuviera ninguna sustancia capaz de provocar efectos inhibitorios, o bactericidas, sobre el crecimiento y actividad normal de estos microorganismos.

Existe la probabilidad, según THOMAS y McQUILLIN (1953), que el hábitat característico de las dos plantas, posibilite que los microorganismos viscosos o filamentosos deriven de las aguas ácidas de las turberas. Sin embargo Thomas & Thomas, citados en THOMAS y McQUILLIN (1953), encontraron que sólo el 2% de 976 cultivos de bacterias extraídas desde la superficie de estas aguas, producían viscosidad en leches tornasol. En tanto el 20% de las colonias provenientes de *Drosera* y *Pinguicula* fueron filamentosos.

Es muy probable, afirman THOMAS y McQUILLIN (1953), que los microorganismos filamentosos se hallen en forma natural en las hojas de estas plantas. Ahora, según estos autores, no se puede precisar si la viscosidad es inducida por la secreción mucilaginoso de las hojas, o si la alta proporción de bacterias viscosas es el resultado de la selección natural de su peculiar hábitat. BRONDEGAARD (1970), señala que no se sabe si tal vez el clima, las temperaturas, o el suelo, juegan un rol en la aparición de esta flora epífita.

Por estas razones THOMAS y McQUILLIN (1953), dejan abierta la posibilidad de que otras investigaciones, sobre *Drosera* y *Pinguicula*, puedan demostrar la presencia de otros tipos de microorganismos causantes de viscosidad.

3.3.2.3. Característica viscosa de las leches nórdicas

Las leches viscosas nórdicas poseen una característica muy particular, y esta es su extremada viscosidad y mucilaginosidad. PRUS y BAHRS (1981) señalan que las leches fermentadas normales se adhieren a los vasos, mientras que las leches fermentadas viscosas no, debido a su cohesión (ver FIGURA 36).

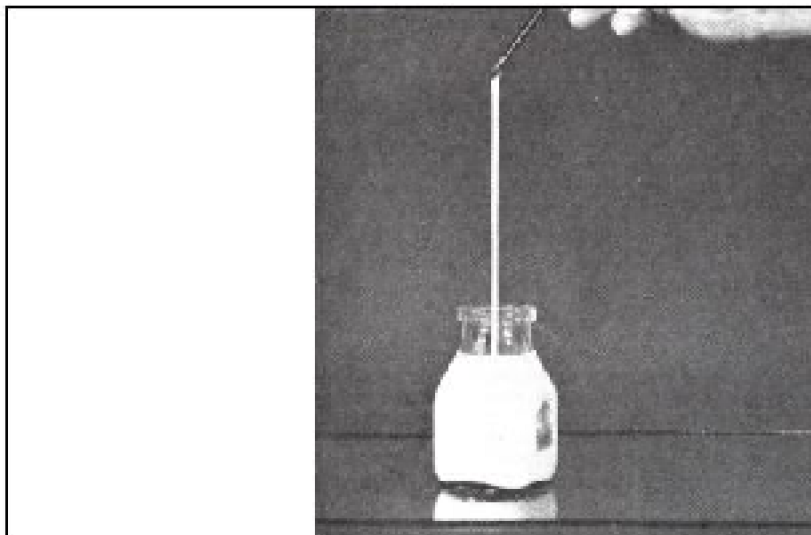


FIGURA 36. Fotografía de una leche filamentosa.

FUENTE: FRAZIER (1972).

SHIRAI (2003), señala que esta viscosidad es perjudicial en leches de consumo, aunque si se busca en productos como yogurt y cremas.

Las responsables de esta viscosidad serían las cápsulas viscosas desarrolladas por las bacterias ácido lácticas. Estas cápsulas formarían una gruesa capa mucosa capaz de asociarse en largas cadenas, lo que les permite desarrollar cuajadas muy homogéneas que no separan suero (KLUPSCH, 1985; Loyd citado en LEGENDRE 2000; WOLFERSTETTER, 1969).

Esta viscosidad ha quedado de manifiesto en las mediciones de textura realizadas a la leche ácida viscosa finlandesa viili. Estas leches, elaborada a partir de cepas productoras de mucílago, exhiben un marcado aumento en la adhesividad y una disminución en la sinéresis en comparación a las variantes no filamentosas. Microfotografías electrónicas de escáner han demostraron que el mucílago se dispone en forma de una red que une las células bacterianas a la matriz de la proteína. Una densa red de mucílago une a las micelas de caseína unas con otras, lo que probablemente da la consistencia al producto final (Toba, citado en DE VUYST y DEGEEST, 1999).

La dureza y extrema viscosidad de estas leches dependería principalmente de las cepas utilizadas para el cultivo (DIERKSEN et al., 1997; SUNDMAN, 1953), sin embargo, existen otros factores que potenciarían la aparición del carácter filamentoso. FRAZIER (1972) señala, que la viscosidad se desarrolla más fácilmente a temperaturas bajas, disminuyendo normalmente a medida que aumenta la acidez de la leche y el contenido

graso. RANGANATHAN et al. (1979), demostraron que altos niveles de grasa en la leche (3 y 4%) tiene un efecto adverso en la viscosidad, lo que se debería según Costilow (citado en RANGANATHAN et al., 1979) al efecto inhibitorio de los ácidos grasos en altas concentraciones. También influiría, según Zittle (citado en ídem anterior), la presencia de iones calcio en la leche, ya que estos fomentarían la formación de caseína coloidal, lo que se traduciría en una estimulación para la aparición de hilos, o sea una hilabilidad en el producto final.

3.3.2.3.1. Composición química del mucílago. Por lo general la viscosidad de origen bacteriana se desarrolla debido a la producción de gomas (polisacáridos y galactanos), y mucinas (sustancias glúcido-nitrogenadas) (SHIRAI, 2003)

Precisar si el mucílago producido por las bacterias presentes en las leches viscosa nórdicas fermentadas, corresponde a una glucoproteína o a un polisacárido, cobra gran importancia, ya que de esta manera se podrá evaluar las propiedades funcionales y el valor nutricional del producto final (MACURA y TOWNSLEY, 1984).

En este punto, la composición química del mucílago producido por las cepas extraídas de las leches nórdicas viscosas, se ha visto envuelto en distintos debates a través de la historia (SUNDMAN, 1953; NILSSON y NILSSON, 1958; MACURA y TOWNSLEY, 1984; NAKAJIMA et al., 1990).

Probablemente estos debates se han producido debido a lo difícil que resulta la identificación de los componentes del mucílago producido por estas bacterias. El mecanismo de aislamiento y la subsiguiente purificación de las sustancias mucilaginosas, formadas principalmente cuando los microorganismos se desarrollan en las leches, es muy difícil de realizar ya que éste se encuentra muy pegado y circundante al microorganismo que lo produce, además se mezcla con los diferentes carbohidratos y sustancias proteicas de la misma leche, o de los componentes en donde se desarrollan (CERNING, 1995; NILSSON y NILSSON, 1958).

En la actualidad se puede afirmar que los exopolímeros secretados por las bacterias ácido lácticas corresponden a polisacáridos (DE VUYST y DEGEEST, 1999). En el caso de los cultivos mesófilos se tratarían de heteropolisacáridos neutros, constituidos mayoritariamente por glucosa y galactosa, esta última dominante, junto con niveles bajos de manosa, ramnosa y arabinosa (CERNING et al., 1992). Sin embargo la habilidad para producir estos polímeros sería muy inestable debido a la presencia de plásmidos presentes en este tipo de bacterias (CERNING, 1995).

3.3.2.4. Propiedades dietéticas

Se ha demostrado que el contenido calórico de los productos lácteos fermentados es similar al de la leche o crema de la que se fabrican, siendo su digestibilidad mayor ya que las proteínas, hidratos de carbono y grasas son predigeridos por los cultivos bacterianos durante la fabricación (CHAVARRI et al., 1983). La gente que es sensible o intolerante a la leche coagulada ordinaria puede digerir estas leches viscosas, además se ha

encontrado en muchos casos que las leches del tipo viscosas previenen trastornos estomacales o compensan dietas que son más deficientes, y este valor dietético especial se encontraría sólo en las leches de los países escandinavos y no en las leches viscosas normales (NILSSON y NILSSON, 1955).

Grahn, citado en CHRISTIANSEN et al. (1999), encontró una cepa de *Lactococcus lactis*, aislada de las leches viscosas nórdicas fermentadas, que demostraba tener características probióticas por inhibir una variedad de bacterias de la flora intestinal humana. Además en estudios realizados por Kitasawa, citado en NAKAJIMA et al. (1992), se ha demostrado que los cultivos lácteos extraídas de leches viscosas nórdicas poseen propiedades anticancerígenas. Ellos también actuarían como inmunomoduladores (KITAZAWA et al., 1993), como reductores del colesterol (NAKAJIMA et al., 1992), y en otros casos los polisacáridos secretados por estas bacterias contribuirían como fracción de alimento no digeribles (GIBSON y ROBERFROID, 1995).

3.3.2.5. Propiedades antimicrobianas.

La microflora de las leches viscosas fermentadas puede variar de acuerdo al área de origen y método de preparación. Sin embargo, la característica común de todas las bacterias de los productos lácteos cultivados es que ellas son capaces de fermentar la leche, y usualmente producir cantidades variadas de sabores y sustancias antibióticas (MACURA y TOWNSLEY, 1984)

Las bacterias lácticas producen una serie de sustancias antimicrobianas responsables de la estabilidad de los alimentos fermentados. La capacidad de las bacterias lácticas para producir ácidos orgánicos, con el consiguiente descenso de pH, es el principal factor de inhibición en los productos fermentados (REQUENA y PELAEZ, 1995).

En el caso de las leches nórdicas viscosas, siempre se ha señalado que su durabilidad, a temperatura ambiente, es mayor en comparación con las leches ácidas normales (BOUDIER, 1985; FLEISCHMANN, 1924; NILSSON, 1950; ROBINSON, 1995; SANDBERG, 1976). Las leches viscosas conservan su gusto medianamente amargo y la acidez por más de un mes, mientras que las leches viscosas normales gradualmente se contaminan con mohos, el grado de acidez disminuye y la leche se torna amarillenta y de sabor desagradable (NILSSON y NILSSON, 1958).

Esta durabilidad se explicaría por la producción de sustancias inhibidoras, secretadas por las bacterias mesófilas existentes en estas leches (Forsen, citado en PETTERSSON, 1988; NILSSON y NILSSON, 1955).

Estas sustancias son conocidas como bacteriocinas. Ellas son simples proteínas, aunque pueden ser moléculas más complejas con componentes lipídicos o carbohidratos (MEDINA et al., 1992).

Entre ellas, la nisina es la más conocida. Es producida por algunas cepas de *L. lactis* ssp. *lactis*, y es activa frente a un extenso rango de microorganismos Gram positivos que incluye estreptococos, lactococos, lactobacilos, Leuconostoc, pediococos, estafilococos, microcos y listeria (CARMINATI et al., 1989; MOTLAGH et al., 1991; SPELHAUG y

HARLANDER, 1989), impidiendo también el desarrollo de esporas de *Clostridium* y *Bacillus* (Bell y de Lacy, citados en REQUENA y PELAEZ, 1995; SCOTT y TAYLOR, 1981).

En estudios realizados a las leches suecas viscosas, se pudo observar que se producía una inhibición de una gran cantidad de hongos de la especie *Penicillium* (NILSSON y NILSSON, 1955), además de las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (NILSSON y NILSSON, 1958),

Como se señaló anteriormente, la nisina es la bacteriocina mejor caracterizada, se produce industrialmente desde los años cincuenta, y desde entonces se emplea como agente antimicrobiano en alimentos, principalmente en Europa, aunque desde 1988 ha sido autorizada en EEUU como aditivo GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro) (DELVES-BROUGHTON, 1990; MEDINA et al., 1992).

El *Lactococcus lactis subsp cremoris* también secreta una bacteriocina conocida como lactococina (REQUENA y PELAEZ, 1995; GONZALEZ et al., 2003), y junto con la nisina forman parte del grupo de los llamados Lantibióticos, caracterizados por ser pequeños péptidos (menos de 5000 Da) (Klaenhamer, citado en REQUENA y PELAEZ, 1995).

La generalizada termoresistencia de las bacteriocinas, permite que permanezcan activas después de tratamientos térmicos equivalentes a la pasteurización de la leche (63°C, 30 min; 72°C, 15 s). Además son muy estables a pH ácido o neutro (PIARD y DESMAZEAUD, 1992), y en el caso de la nisina, además, con niveles bajos de grasa y proteínas (MEDINA et al., 1992). Además la acción combinada de dos o más bacteriocinas puede reforzar considerablemente su acción inhibitoria (REQUENA y PELAEZ, 1995).

Entre otros microorganismos, ahora se sabe que algunas cepas de *Bacillus cereus* producen ciertas bacteriocinas (cereína 7 y cereína 8), que tienen un efecto bactericida y bacteriolítico sobre algunos microorganismos causantes de la descomposición, como el *Clostridium* y *Listeria* (OSCARIZ, 2000).

MEDINA (1992), señala: “En algunos casos se ha demostrado con experimentos de curación de plásmidos que la producción de bacteriocinas está asociada a ADN plasmídico”. Tanto la nisina como la diplococina parecen estar codificadas por plásmidos (MEDINA et al., 1992). Lo mismo ocurre con la lactococina (REQUENA y PELAEZ, 1995), sin embargo, estas afirmaciones están sujetas a un gran debate (Fuchs, Mortvedt y Nes, Kozak, Ray, Horn, Steen, citados en REQUENA y PELAEZ, 1995).

3.3.2.6. Otras causales de viscosidad

Generalmente la característica viscosa es vista como un defecto en la industria láctea, y se produce a causa de malos fermentos, o debido a temperaturas de incubación demasiado bajas, lo que permite la proliferación de bacterias psicrófilas (BOUDIER, 1985; Wegemer, citado en RAGANATHAN 1979).

La producción de viscosidad en medio neutro o poco ácido, común en leches crudas, sería causada por la *Alcaligenes viscosum* (aerobio con temperaturas óptimas de 10 a

37°C), *Aerobacter aerogenes* y *Staphylococcus cremoris viscosi*, los que serían inofensivos (SHIRAI, 2003), y destruidos por medio de una adecuada pasteurización (FRAZIER, 1972). Entre otros microorganismos productores de viscosidad, aislados desde leches crudas, están: *Klebsiella oxytoca*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas spp.*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium multivorum*, y *Enterobacter agglomerans* (CHEUNG y WESTHOFF, 1983).

Como se puede ver en el siguiente cuadro resumen también existe un tipo de viscosidad que no es causado por bacterias.

CUADRO 14. Resumen de causales de viscosidad en la leche.

CAUSA	OBSERVACION	CAUSA
NO	Una vez ordeñada la leche, y no en el almacenamiento	Por mastitis, en particular fibrina y leucocitos.
B		
A	Parte superior del envase	Espesamiento de la crema.
C		
T	Efecto transitorio	Presencia de delicadas partículas de caseína o lactoalbuminas durante el enfriamiento.
E		
R		
I		
A		
N		
A		
	Efecto parcial (Superficie)	<i>Alcaligenes viscolactis (viscosus)</i> Micrococos termodúricos ejm: <i>Micrococcus freudenreichii</i>
B		
A		
C		
T		Cepas de bacterias coliformes ejm: <i>Aerobacter aerogenes</i> , <i>A. cloacae</i> .
E		
R		
I	Efecto total (homogéneo, uniforme)	<i>S. lactis</i> , var, <i>hollandicus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. bulgaricus</i> , y ciertas cepas de <i>S. cremoris</i> .
A		
N		
A	-	Bacterias formadoras de álcali, micrococos, estreptococos, tetracocos y bacilos.

FUENTE: FRAZIER (1972).

3.3.3. Aplicaciones

Las posibles utilidades que se puedan obtener, según los antecedentes anteriormente planteados, pasan principalmente por las aplicaciones que se puedan llevar a cabo a través de los cultivos lácteos. Debido a esto se puede suponer que las aplicaciones más recurrentes de estos cultivos filamentosas se encontrarían enfocadas a la elaboración de leches y quesos, sin embargo existen otras aplicaciones que cobran gran interés en la actualidad.

3.3.3.1. Leche y queso

Como se ha visto anteriormente, la producción de las leches fermentadas viscosas se concentra principalmente en el norte de Europa. En Suecia, por ejemplo, la empresa ARLA comercializa las llamadas leches fermentadas “orgánicas” (biológicas), entre las que destaca la *filmjolk* (DUNN, 1995).



FIGURA 37. *Filmjolk* elaborada por la empresa ARLA.

FUENTE: NETXTRA³³.

A pesar que el precio de estas leches supera en un 15% al de la leche pasteurizada, la única barrera para extender las ventas en Suecia, es la limitada producción. Esta alcanza alrededor de 15 millones de litros, y los productores señalan: “podríamos vender dos veces más si pudiéramos producir más de esta leche” (DUNN, 1995).

En la industria quesera también pueden ser usadas estas cepas filamentosas. Esta

³³ NETXTRA: < http://www.netxtra.se/nx/category.asp?category_id=284 > Octubre, 2003.

alternativa la utilizaron PRUS y BAHRS (1981). Ellos señalan que los quesos elaborados a partir de leche u otro producto lácteo concentrado por filtro de membrana, a veces presentan la desventaja de adquirir una textura harinosa o arenosa, pero que se puede superar por la elección de cultivos filamentosos en vez de los cultivos normales, usados para la acidificación de productos lácteos. Según PRUS y BAHRS (1981), el efecto es particularmente útil en la preparación de quesos suaves y de textura lisa. Además, habría menos pérdida de suero durante el proceso, y a su vez éste tendría una menor cantidad de proteínas. La ventaja económica sería atractiva, según PRUS y BAHRS (1981), ya que la mayoría de las proteínas valiosas del suero permanecerían en el queso. De este modo el queso que se obtiene es de un bajo contenido de materia seca además de un bajo contenido graso, lo cual se correlacionaría con el hecho que adquiere una suave textura. Por esta razón PRUS y BAHRS (1981), apuntan a la elaboración de quesos en donde una textura lisa o suave sea importante mientras que una textura arenosa sea indeseable. De esta manera, quesos como el Camembert, Brie, Romadur, Limburger y Muenster, serían producidos con buenos resultados.

Otra alternativa es la utilización de la cuajada que forman las cepas filantes. La utilización de cuajadas, a partir de leches fermentadas, es una práctica que se ha extendido por muchos países y desde tiempos remotos.

Un ejemplo de esto lo constituye el queso Brinza. Luego de formada la cuajada, (a partir de leche de vaca u oveja, descremada o no) se extienden pedazos de ella (capas de 2 a 3 cm. de espesor), sobre un paño ubicado sobre un tamiz. Después de formar todas las capas, con un cuchillo romo se corta la masa en cubos. Se amarran las esquinas del paño y se deja reposar la masa por 8 a 10 min. Luego se desata el paño y se vuelve a cortar la masa, se vuelve a amarrar el paño y se ejerce presión (0,5 – 1 Kg. para 1 Kg. de Brinza) por 10 a 15 min. Cortada la masa por tercera vez se aumenta la presión a 1 Kg. y se mantiene por otro periodo igual. Se coloca el bloque de queso en una bandeja y se lo recorta dándole una forma rectangular. Los recortes se desmenuzan y se distribuyen por arriba del queso. El paño se dobla como “sobre”, y se ejerce una presión de 2,5 Kg. por 15 min. Finalmente se le corta en barras rectangulares que se enfrían a la temperatura más baja posible, vaciándoles encima agua fría. Las barras se sumergirán en una solución saturada (20 – 22%) de sal cocida, esparciendo sal en la superficie. Después de 12 hrs. las barras se dan vuelta y de nuevo se espolvorea sal. La temperatura de la salmuera no debe superar los 10°C y siempre las barras deben estar cubiertas por sal. Si resulta demasiado salada, antes de utilizarla se remoja en agua limpia a temperatura ambiente. Las Brinzas y otros quesos salados se conservan en envases de vidrio o enlozados, cubiertos de una solución salina (hasta 20%). También se pueden conservar envolviéndolas en un paño húmedo y desparramándoles sal por encima (EVSTIGNEEV y JENKIN, 1989).

En las regiones más allá de los Carpatos, los ovejeros locales preparan el Brinza de la manera original, llamado Gutsulskaya Brinza. Con la cuajada agria de la leche de oveja forman las llamadas “budzys”, las dejan desaguar (separación de suero), y luego la desmenuzan y le agregan sal. Esta Brinza se conserva por mucho tiempo fuera del refrigerador y no pierde sus propiedades alimenticias (EVSTIGNEEV y JENKIN, 1989).

El Kurt, otra alternativa, es un producto seco de leche ácida, popular entre las

poblaciones de las repúblicas del Asia Central. Se puede preparar a partir de leche de vaca, oveja, cabra, o mezclas de ellas o también de leche descremada o nata agria. Una vez formada la cuajada se calienta a 60°C y se le mantiene por 30 a 40 min. Se retira el suero y la cuajada se vacía en saquitos. Después de 2 a 3 hrs., la cuajada prensada por sí misma se sala y se le da la forma de torta o de bolitas de 40 – 60 grs. de masa, dejándolas secar al sol o bien en secadores (EVSTIGNEEV y JENKIN, 1989).

Un producto similar al anterior es el Iremshik, popular en Kazajstán. Sin embargo la cocción de la cuajada es más prolongada (5 -6 hrs.). La ebullición termina cuando se separa gran cantidad de líquido y la masa se vuelve de color amarillo oscuro con tonalidad canela. La masa se traslada a sacos de tela rala, que cuelgan por 8–10 hrs. para que se preñe por sí misma, después de lo cual parten la cuajada la que ponen a secar (EVSTIGNEEV y JENKIN, 1989).

Otra elaboración artesanal es la del queso Clinquer, plato nacional de letones y bielorrusos; o el queso Adiguei, producto nacional de los adigueises, habitantes de las laderas del sur de los montes Cáucaso. Estas y otras aplicaciones son detalladas en el libro “Conservas Domesticas” de EVSTIGNEEV y JENKIN (1989).

Otra alternativa muy apetecida, principalmente en los países del medio oriente, es la elaboración de queso a partir del yogurt, conocido comúnmente como Labneh o Lebna (Labna). Este tipo de producto es muy apetecido en lugares como Libia, Siria, Irak, Jordania, El Líbano y Egipto (FAO, 1990).

La producción del queso de yogurt (Labneh) se inicia utilizando el Laban (yogurt), elaborado a partir de leche de vaca, ovejas o de cabras. El Laban se mezcla con sal, y luego debe ser drenado utilizando un paño estéril. El tiempo que tarda este proceso puede variar entre 3 a 24 hrs. según la consistencia que se le quiera dar al producto final (Figura 38). El producto obtenido de esta manera puede ser guardado en refrigeración (duración 10-15 días, a 4°C), también puede ser secado o bien guardado en aceite de oliva (ARABIC NEWS, 2001³⁴; FANKHAUSER y FANKHAUSER, 2004³⁵; FAO, 1990).

³⁴ ARABIC NEWS, 2001: < <http://www.arabicnews.com/recipes/Labneh.html> > Mayo, 2004.

³⁵ DAVID y JILL FANKHAUSER, 2004: < http://biology.clc.uc.edu/fankhauser/Cheese/Making_Laban/Labneh.htm > Mayo, 2004.



FIGURA 38. Elaboración de Labneh.

FUENTE: FANKHAUSER y FANKHAUSER (2004)².

Este producto combina las características del Laban y del queso. El contenido de materia seca se estima entre un 18-23%, es decir más arriba que el Laban y más bajo que en el queso, mientras que el pH varía entre 5 a 5.5, y la humedad entre un 75-78%. Es una pasta espesa de color blanco y de textura homogénea. Tiene un gusto amargo y levemente salado. Es un producto muy popular en Siria, y se consume comúnmente al desayuno, conservado en aceite de oliva (FAO, 1990).

Esta última es una de las opciones más aconsejables ya que permite almacenar el Labneh por periodos más prolongados. Para almacenar el Labneh en aceite de oliva, se deben tomar porciones de este en tamaños de una cuchara sopera, luego con las manos se hacen las bolitas que serán colocadas sobre una bandeja. Se deben enfriar hasta que estén firmes, lo que puede tomar varias horas, luego se secan levemente y se guardaran en frascos estériles cubriéndolas con aceite de oliva (Figura 39). Finalmente se sellan los frascos y se almacenan a temperatura ambiente. Este sistema de almacenamiento permite conservar el producto entre 6 meses a 1 año (ARABIC NEWS, 2001³⁶; FAO, 1990; WESTHAVEN DAIRY, 2004⁴).

³⁶ ARABIC NEWS, 2001: < <http://www.arabicnews.com/recipes/Labneh.html> > Mayo, 2004.



FIGURA 39. Conservas y presentación de Labneh en aceite de oliva.

FUENTE: ISTAMBUL (2004)³⁷, ROTH (2004)³⁸ y WESTHAVEN DAIRY (2004)³⁹

3.3.3.2. Otros productos

Como ya se ha visto, las leches fermentadas escandinavas (viili, langmjolk, Langfil, taette, tatmjolk, piima, pitkapiimä, fil, skyr) deben su carácter firme, espeso, y mucilaginosos, a la capacidad acidificante de cepas mesófilas filamentosas en concomitancia con la producción de heteropolisacáridos (DE VUYST y DEGEEST, 1999), y es por estas razones que los estudios más detallados se han llevado a cabo en cepas de bacterias ácido lácticas productoras de exopolisacáridos aisladas desde este tipo de leches (FORSEN, 1966; NAKAJIMA et al., 1990).

La capacidad de provocar viscosidad que tienen estos cultivos, debido a la producción de exopolisacáridos, los hacen cobrar valor desde el punto de vista reológico, aunque esta alternativa no es nueva ya que existen otros polisacáridos producidos por fermentación como xanthan, gellan, y curdlan (VEGA y BONTUOX, 1997).

Sin embargo, la explotación industrial de exopolisacáridos, producidos por bacterias ácido lácticas, recién ha comenzado a masificarse, salvo algunas pocas excepciones como los homopolisacáridos (dextrano, fructano) (Soller, Sutherland, y Tombs, citados en DE VUYST y DEGEEST, 1999).

Estas bacterias ácido lácticas acaparan gran atención en occidente puesto que permitirían obtener productos 100% naturales, lo que en la actualidad el público mira con muy buenos ojos. Algunas cepas formadoras de mucílago están disponibles comercialmente en países de Europa y en EE.UU. En los países pertenecientes a la Unión Europea, ya se utilizan cepas filamentosas de bacterias ácido lácticas termófilas en la elaboración de yogurt, ya que la adición de estabilizantes se encuentra prohibida. Sin embargo el problema es que las bacterias ácido lácticas termófilas producen menos

³⁷ ISTAMBUL, 2004: <<http://www.istanbulgrocery.us/index.html?target=front.html&lang=en-us>> Mayo, 2004.

³⁸ ROTH, 2004: <<http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/cooking/recipes/labneh.htm>> Mayo, 2004

³⁹ WESTHAVEN DAIRY, 2004: < http://www.westhavendairy.com.au/cows_yoghurtcheese.htm > Mayo, 2004.

expolisacáridos, y el carácter viscosos es más inestable (DE VUYST y DEGEEST, 1999).

Los expolisacáridos podrían tener un fuerte impacto en el desarrollo de nuevos productos alimentarios (fermentados y no fermentados), especialmente en aquellos que tienen realzadas sus características reológicas, mejorando la textura y estabilidad, y la capacidad de retener agua, ya que el mucílago producido por estas cepas, como ya se sabe, permite aumentar la viscosidad, además produce un refinamiento en la estructura, y un ahorro de hidrocoloides (KLUPSH, 1985). Problemas como la baja viscosidad, fractura de geles o una alta sinéresis, que ocurren en la industria del yogurt, podrían llegar a ser solucionados (WACHER et al., 1993). Estas cepas pueden contribuir, según DE VUYST y DEGEEST (1999), a la consistencia del yogurt tipo batido, producido a gran escala, ya que al poseer expolisacáridos viscosantes, supondría un menor daño mecánico durante el bombeo, mezclado y llenado de las maquinas. Además el coagulo sería más resistente a los choques térmicos y físicos.

VEDAMUTHU y SHAH (1981), patentaron un método para la preparación de leche fermentada, y otros productos, espesados y estabilizados de manera natural. Para ello utilizaron mezclas de cultivos lácticos, no viscosos, y cultivos de *Streptococcus lactis* productores de viscosidad, además de *Streptococcus cremoris*, o mezclas de éstos que tienen la característica filamentosa, junto con bacterias productoras de diacetilo para el sabor. El producto obtenido es espeso sin la característica viscosa o filamentosa, y estable a la separación entre el suero y el cuajo a temperaturas de refrigeración durante el almacenamiento.

También se han realizado estudios para la aplicación de este tipo de cultivos en helados de crema. CHRISTIANSEN (1999), concluyó en una investigación acerca de estabilizantes en la fabricación de helados de crema, que una buena opción lo constituyen el uso de polisacáridos sintetizados a partir de bacterias (cultivos) filamentosas. En su estudio utilizó cepas, productoras de mucílago, de *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* y dos diferentes cepas de *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. De esta manera se obtendrían según CHRISTIANSEN (1999) helados de crema sin la adición de estabilizantes artificiales, además las mezclas serían de carácter más viscoso, y con una resistencia de la fusión similar a otros helados.

Los expolisacáridos pueden jugar un rol importante en otro tipo de bebidas lácteas y en yogures bajos en sólidos, así como la producción de yogures más cremosos con bajo o sin contenido de grasa y con realzada suavidad al paladar. Ya que estos productos requerirían aumentar sus propiedades espesante, el uso de cepas de cultivos formadores de mucílago se haría necesario para su fabricación, señalan DE VUYST y DEGEEST (1999).

Mientras algunos de estos desarrollos serán alcanzados por los productores industriales, otros resultaran bien para estudios básicos en laboratorios académicos. DE VUYST y DEGEEST (1999), señalan que el conocimiento de factores ambientales y genéticos, permitirán regular la expresión de los expolisacáridos, de manera de poder obtener los expolisacáridos deseados bajo condiciones definidas de crecimiento o fermentación. Esta ingeniería del polisacárido puede conducir al desarrollo del “diseño de polisacáridos” para aplicaciones que pueden o no estar relacionadas con los alimentos.

Aunque es un concepto popular en la alta tecnología, señalan DE VUYST y DEGEEST (1999), la tecnología para adaptar los polisacáridos a usos específicos aún se encuentra en sus inicios.

Si bien la aplicación de los expolisacáridos se desprende de manera indirecta de la elaboración de las leches nórdicas fermentadas, es válido señalar los potenciales usos que de ellos se desprenden, ya que de este modo el campo de aplicaciones, tanto en el ámbito alimentario como en el no alimentario, se amplía absolutamente. Es necesario señalar que la información antes entregada es una visión bastante general de este tema, ya que la descripción y aplicaciones tecnológicas de los polisacáridos puede dar para un capítulo aparte.

4. DISCUSION DE RESULTADOS

Elaborar una discusión en base a todo el material bibliográfico presentado anteriormente presenta algunas complicaciones, principalmente a la hora de exponerlo de manera clara, debido a las distintas aristas desde las cuales puede ser abordado el tema. Por esto último se discutirán los aspectos más relevantes en torno al tema desarrollado, sintetizando las principales observaciones e interpretando las coincidencias y discrepancias encontradas.

La capacidad que tendrían las plantas de inducir la viscosidad en las leches fermentadas nórdicas, constituía una de las interrogantes más importante a analizar. Dentro de este punto ha quedado claro que existe un real aporte de las hojas de *Drosera* y *Pinguicula* en la formación de las leches viscosas (THOMAS y McQUILLIN, 1953).

En primer lugar, parece claro que las hojas de las plantas serían las responsables de coagular la leche, producto de la variedad de enzimas que estas poseen (BRONDEGAARD, 1970; FLEISCHMANN, 1924; HESLOP-HARRISON, 1976). En este punto no habría discusión ya que los estudios químicos, efectuados tanto en *Drosera* como en *Pinguicula*, demuestran la existencia de enzimas que poseen características similares a la pepsina (FLEISCHMANN, 1924; HESLOP-HARRISON, 1976; HESLOP-HARRISON, 1978; LEGENDRE, 2000).

Además, como el mucílago presente en las hojas de las plantas es un polisacárido fuertemente ácido (VINTEJOUX y SHOAR-GHAFARI, 2000), se puede asumir que esta acidez también sería un aporte a la formación de coágulos, al inducir una disminución en el pH de la leche.

Por otra parte, las plantas hospedarían en sus hojas distintos microorganismos (LUTTGE, 1986) capaces de causar viscosidad en las leches nórdicas fermentadas, como demostraron NILSSON (1950) y THOMAS y McQUILLIN (1953). Sin embargo, esta capacidad al parecer no sería permanente. Después de un tiempo la leche no mantendría las características de textura y sabor (TRUM, 1973), que caracterizan al producto original (FLEISCHMANN, 1924), puesto que se produciría una masiva exudación de suero (GISLER, 1754) y se obtendría un producto débilmente viscoso (Troili-Petersson, citado en THOMAS y McQUILLIN, 1953).

Ha quedado claro que en una elaboración tradicional (método descrito por Lineo), asumiendo una fermentación desordenada, se podría esperar que: cepas mesófilas (propias de la leche) (SANDBERG, 1976), microorganismos psicrófilos (existentes en las hojas de las plantas, agua y suelo) (NILSSON, 1950; THOMAS y McQUILLIN, 1954), y hongos (NILSSON, 1950), se unieran para actuar en simbiosis y formar el producto con la ya señalada característica viscosa. Sin embargo, en la actualidad la elaboración industrial se ha abierto paso por sobre la artesanal, y sólo la selección específica de cepas filamentosas (ALM, 1982) hace posible elaborar estas leches y disfrutar de sus particulares cualidades.

En la actualidad se sabe que el microorganismo causante de la extrema viscosidad en las leches nórdicas corresponde a una cepa de *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, antiguamente llamado *Streptococcus hollandicus* o *Streptococcus taette*. Este no habitaría en las hojas de *Pinguicula* y *Drosera* según NILSSON (1950), y THOMAS y McQUILLIN (1953), sin embargo otros como Jönsson, citado en THOMAS y McQUILLIN (1953), afirman haberlo aislado desde la leche, al preparar esta última con las hojas de estas plantas. Las investigaciones realizadas por Alm y Larsson, citado en TAMIME Y ROBINSON (1988), demostraron que mediante el antiguo método de elaboración, descrito por Lineo (GISLER, 1754), se lograba obtener un sabroso producto con marcadas cualidades de almacenamiento, lo que dejaría en claro que los microorganismos que habitan en estas hojas constituirían un aporte en la elaboración del producto.

La viscosidad adquirida en el producto original (FLEISCHMANN, 1924) al adicionar hojas de *Pinguicula vulgaris* o *Drosera rotundifolia*, no aseguraría que el principal microorganismo causante de la viscosidad (*Lactococcus lactis subsp. cremoris*) se hospede naturalmente en las hojas de las plantas. Según HAVERBECK y JOFRE (1980), y SANDBERG (1976), el microorganismo se encontraría de manera natural en la leche. También se podría pensar que alguna característica, o sustancia particular de las hojas, estimule en las bacterias una abundante secreción de mucílago o mucosidad. Esto último se vería apoyado por los estudios de Stark & Stark, citados en THOMAS y McQUILLIN (1953), quienes demostraron que cultivos no filantes de *coli-aerogenes* se disociaban rápidamente en cultivos productores de mucosidad (viscosidad), producto de la adición de extractos de lechugas, zanahorias, y otras hierbas.

La observación efectuada por THOMAS y McQUILLIN (1953) respecto a la existencia de cepas filamentosas, ya sea de *Lactococcus lactis subsp. cremoris* u otras, en hojas de plantas insectívoras de otras regiones del mundo, deja abierta la posibilidad de que las especies existentes en nuestra región sean el hábitat de tan particulares bacterias.

Un aspecto importante de discutir es el que dice relación con la presencia de plásmidos en los cultivos lácticos presentes en este tipo de productos. Basándose en lo señalado por NEVE et al. (1988), y Loyd (citado en LEGENDRE, 2000), se puede deducir lo inestable que resultaría para estas cepas expresar el fenotipo filamentoso (DELLAGLIO, 1988), lo que repercutiría en un deficiente producto final. Tal vez por esta razón en algunas leches filamentosas se producen importantes separaciones de suero, y por eso se señala que la producción industrial de la leche filamentosa en Suecia destaca por su difícil obtención (WOLFERTSTETTER, 1969).

Estos plásmidos, aparentemente, también controlarían la producción de bacteriocinas por parte de las bacterias ácido lácticas. Ellas en definitiva serían las responsables de la prolongada durabilidad que poseen estas leches (Forsen, citado en PETTERSSON, 1988; NILSSON y NILSSON, 1955), debido a la inhibición que producen en el desarrollo de un gran número de bacterias y hongos patógenos.

Ya que en el producto elaborado de manera tradicional (utilizando las hojas de *Pinguicula vulgaris* y *Drosera rotundifolia*) interactúan una serie de distintos microorganismos, y asumiendo que son más de una las cepas productoras de bacteriocinas, se podría explicar las notables propiedades de conservación de estas leches filamentosas. Un ejemplo de esto lo constituye el *Bacillus cereus*. Este ha sido aislado desde las hojas de *Pinguicula* (THOMAS y McQUILLIN, 1954), y hoy se sabe que es capaz de producir cierto tipo de bacteriocinas (OSCARIZ, 2000). De esta manera se produciría un efecto sinérgico al concurrir distintas bacteriocinas en un mismo producto (REQUENA y PELAEZ, 1995), lo que determinaría su prolongada conservación.

Existen algunos aspectos contradictorios en cuanto a la información recolectada, principalmente en la que dice relación con el aroma de las leches filamentosas. Según Alm & Larsson, citados en TAMIME y ROBINSON (1988), la leche filamentosa poseería un aroma similar al de la manzana, lo que en parte coincide con lo señalado por GISLER (1754), quien señala que la leche presenta un olor dulce. Sin embargo, WOLFERTSTETTER (1969), indica que aromas frutales y a malta no son deseables en el producto, y ello evidenciaría la presencia de bacteriófagos (LAWRENCE et al., 1976). Lo señalado por GISLER (1754) y TRUM (1973), respecto a las importantes exudaciones de suero que se observa en el producto elaborado por el método tradicional, lo que según Alm & Larsson, citados en TAMIME Y ROBINSON (1988), no debiera ocurrir ya que no hay signos de sinéresis, sería explicado también por la presencia de bacteriófagos. Estos serían los causantes de la separación del suero y, como ya se señaló, de aromas frutales no deseables en el producto final (LAWRENCE et al., 1976; RANGANATHAN et al., 1979; WOLFERTSTETTER, 1969).

La característica filamentosa que hace tan particular a las leches nórdicas estaría dada por los exopolisacáridos secretados por las bacterias ácido lácticas que habitan en ella (DIERKSEN et al., 1997; SUNDMAN, 1953). La composición química del mucus secretado por estas bacterias ha estado sujeta a distintas contradicciones (SUNDMAN, 1953; NILSSON y NILSSON, 1958; MACURA y TOWNSLEY, 1984; NAKAJIMA et al., 1990). En la actualidad (DE VUYST y DEGEEST, 1999) es sabido que el mucus corresponde a un polisacárido, constituido mayoritariamente por glucosa y galactosa (CERNING et al., 1992).

La utilidad que se pueda obtener a partir de las cepas filamentosas, enfocándose en la producción de productos más naturales y con mejores características reológicas, es uno de los puntos que se desprenden de esta revisión. El potencial uso que se puede dar a los exopolisacáridos secretados por las bacterias ácido lácticas, presentes en las leches fermentadas viscosas nórdicas, abre un nuevo panorama en el mundo de los aditivos. Existen algunas gomas, como el xanthan, que se obtienen por fermentación bacteriana y que son utilizadas desde hace mucho tiempo para mejorar las características reológicas de ciertos productos (VEGA y BONTUUX, 1997). Sin embargo, el uso de exopolisacáridos secretados por bacterias ácidos lácticas, salvo algunas excepciones como los dextranos (Soller, Sutherland, y Tombs, citados en DE VUYST y DEGEEST, 1999), recién ha comenzado a masificarse. A pesar de esto existen algunos productos lácteos (CHRISTIANSEN, 1999; PRUS y BAHRS, 1981; VEDAMUTHU y SHAH, 1981), en donde se ha adoptado esta opción. De esta manera estos polímeros podrían solucionar problemas, como fractura de geles o altas sinéresis, recurrentes en la industria láctea.

Si nos ponemos en la hipótesis, que las especies chilenas de *Drosera uniflora* y *Pinguicula antarctica* o *P. chilensis*, son capaces de aportar bacterias ácido lácticas del tipo filamentosas, las posibilidades de aplicación de estas aumentaría considerablemente, y el cultivo de las plantas no sólo se limitaría a enfocar su uso a la parte medicinal o farmacéutica (CORNEANU, 1998; REPCAk et al., 2000), si no que además a la parte alimentaria, mediante la aplicación de los exopolisacáridos secretados por las bacterias que habitarían en estas plantas. Utilizando las técnicas de muestreo y aislamiento descritas por THOMAS y McQUILLIN (1953), se podría obtener cultivos puros de bacterias hospedadas en las hojas de *Pinguicula antarctica*, *P. chilensis* y *Drosera uniflora*.

Además de las aplicaciones ya señaladas, podemos suponer otras que apunten al mejor aprovechamiento de los subproductos industriales. Este puede ser el caso del suero que se obtiene como subproducto de la industria láctea en la elaboración del queso. Una manera de aumentar la utilidad de este sería ocupándolo en la fermentación láctica de manera de obtener polímeros de exopolisacáridos para posteriores aplicaciones alimentarias. Las técnicas de fermentación deberán ser las mejores ya que de otro modo el producto producido, así como la calidad, no se podría garantizar. Además la finalidad es asegurar la conversión máxima del sustrato a producto final.

En cuanto a la parte de las plantas insectívoras, se puede señalar que los tres géneros existentes en Chile (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991) tienen su hábitat en la zona sur del país, principalmente en la cordillera de la costa y a grandes altitudes. Lo cierto es que no existe gran información o detalles de las especies aquí existentes. Esto se debe tal vez al hecho de que es bastante complicado tener acceso a su hábitat, o simplemente a que no hay difusión acerca de su existencia, o quizás porque no se han encontrado usos potenciales en ellas. Sólo profesionales dedicados han realizado estudios, y todos ellos *in situ*, sobre estas plantas, por lo cual el desarrollo de cultivos artificiales no deja de ser una alternativa interesante principalmente, en un primer paso, para ampliar el conocimiento sobre ellas.

Ya que en algunos sitios las plantas insectívoras se encuentran en peligro de

extinción, principalmente por la destrucción de su hábitat, cobra importancia desarrollar cultivos artificiales para su conservación y por qué no también para su explotación científica y comercial. La posibilidad de cultivar *Drosera* y *Pinguicula* como se hace en Europa, es un hecho que según GALAMBOSI et al. (1999), y GALAMBOSI et al. (2000), no reviste mayores complicaciones.

Sería interesante poder desarrollar en Chile cultivos artificiales de las especies *Pinguicula antarctica*, *P. chilensis* o *Drosera uniflora*, al igual como sucede con algunas especies de los mismos géneros en Europa. La finalidad del desarrollo de estos cultivos puede variar según el área de interés que despierte en sus productores. Como se dijo anteriormente especies similares (*Drosera rotundifolia*) poseen en la actualidad aplicaciones en la parte medicinal (CORNEANU et al., 1998) y farmacéutica (GIBAJA, 1998), y su explotación artificial se lleva a cabo con gran éxito en Europa (GALAMBOSI et al., 1999).

Si bien quedó claro, a partir de los estudios de GALAMBOSI et al. (1999), que los fertilizantes químicos son dañinos para el desarrollo de las plantas, no existen otros tipos de complicaciones a la hora de cultivarlas. Su crecimiento es normal e incluso mejor en medios de cultivos (turberas) artificiales, tanto al aire libre como bajo techo. Considerando parámetros que dicen relación con su hábitat (temperatura, humedad, etc.), es posible construirles un lugar apropiado, ya sea para sus usos ornamentales o para desarrollar cultivos a gran escala, prestando atención siempre a los requerimientos particulares de cada especie. Estos últimos en general son comunes a toda clase de cultivo que se quiera realizar.

El hecho de que algunas especies tengan su hábitat en grandes alturas, hasta 1000 metros, no es inconveniente para cultivarlas a nivel del mar (THOREN y KARLSSON, 1998), por lo que emprender cultivos artificiales con las especies existentes en Chile no sería una barrera, si se piensa que algunas de las especies autóctonas habitan por sobre los 800 m de altura (HAUENSTEIN y LEIVA, 1991).

La alimentación suplementaria de estas plantas, en las distintas experiencias prácticas realizadas (GALAMBOSI et al., 1999; THOREN y KARLSSON, 1998), no afecta al contenido de sus componentes, lo que es importante si se quieren utilizar en futuras aplicaciones medicinales.

Si en un futuro se desarrollaran cultivos artificiales con especies insectívoras chilenas, para propósitos farmacéuticos, se haría necesario realizar estudios previos acerca de los componentes químicos de estas especies. De esta manera se sabría de forma práctica si los componentes presentes en ellas son similares, o existen otros, a los encontrados en las especies explotadas con estos fines en Europa.

Desde el punto de vista alimentario, la utilidad de estas plantas pasaría principalmente por la utilidad que tendrían sus hojas como cuajos. Aunque también existiría la posibilidad de que en sus hojas, habitasen las bacterias capaces de causar viscosidad en las leches. Si se llegasen a aislar estas bacterias productoras de mucílago, sería importante preguntarse si de haber un cambio desde un ambiente natural a uno artificial, estas bacterias seguirían presentes. De ser así, la explotación se haría más fácil, y la utilidad de estas cepas cobraría gran interés desde el punto de vista de los aditivos,

debido a la utilidad que prestarían sus heteropolisacáridos secretados (DE VUYST y DEGEEST, 1999).

Todo lo anterior son sólo hipótesis que tienen, sin embargo, un asidero en lo práctico y en lo teórico, pero hasta que no se lleven a cabo investigaciones experimentales con las especies existentes en nuestro país, sólo quedaran en eso, hipótesis.

5. CONCLUSIONES

- De la presente revisión bibliográfica se pueden dejar planteadas algunas hipótesis, y concluir que:
- Las hojas de las especies insectívoras, *Pinguicula vulgaris* y *Drosera rotundifolia*, actúan como cuajo durante la elaboración tradicional de leches filamentosas, ya que ellas poseen distintas enzimas capaces de coagular la leche.
- La bacteria *Lactococcus lactis subsp. cremoris* es la responsable de la particular viscosidad de las leches nórdicas fermentadas, y su aparición en la leche, elaborada de manera tradicional, es una incógnita.
- Existen bacterias en las hojas de *Pinguicula vulgaris* y *Drosera rotundifolia* capaces de provocar viscosidad en la leche, sin embargo éstas no corresponden a las bacterias halladas en el producto tradicional.
- Las secreciones de las hojas de *Pinguicula vulgaris* y *Drosera rotundifolia*, podrían inducir que bacterias hospedadas de manera natural en la leche se disocien en bacterias productoras de viscosidad.
- La extrema viscosidad de las leches fermentadas nórdicas es producto del mucus, un heteropolisacárido, secretado por las bacterias filantes, y la larga conservación de estas leches, se debería a la presencia de sustancias antimicrobianas, conocidas como bacteriocinas.
- Tanto la característica viscosa como la antimicrobiana, estarían regulada en las

bacterias por un plásmido, por lo que la obtención de la leche filamentosa sería complicada.

- Los medios para desarrollar cultivos artificiales de plantas insectívoras, y su mantención, no revisten mayores complicaciones.
- La similitud de los hábitat de las especies europeas, *Drosera rotundifolia* y *Pinguicula vulgaris*, con las especies chilenas, *Drosera uniflora*, *Pinguicula antarctica* y *P. chilensis*, hace posible asumir que se pueden llevar a cabo cultivos artificiales de las especies autóctonas chilenas, al igual como se hace en Europa.
- El potencial uso en el campo farmacéutico, de las plantas insectívoras pertenecientes al género *Drosera*, ha quedado demostrado y su explotación comercial es un hecho.
- El potencial uso de cultivos artificiales de plantas insectívoras, en el ámbito alimenticio, pasaría por la utilización de sus hojas como cuajo, y por el aislamiento de bacterias productoras de heteropolisacárido. Estos últimos tendrían su valor en el campo de los aditivos.
- El cultivo y estudio de especies de plantas insectívoras chilenas, es necesario si se quiere determinar su real aporte, ya sea en el campo alimenticio o en el campo medicinal.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGENJO, C. 1956. Enciclopedia de la leche. Espasa-Calpe, S.A., Madrid. 965 p.
- ALAIS, CH. 1985. Ciencia de la Leche, principios de técnica lechera. Reverté, S.A. Barcelona. 873 p.
- ALM, L. 1982. Effect of Fermentation on B-Vitamin Content of Milk in Sweden. Journal of Dairy Science. 65 (3): 353-359.
- BAFFRAY, M.; BRICE, F. ; DANTON, P. y TOURNIER, J. 1989. Nature et Culture des plantes Carnivores. Edisud, Aix-en-Provence. Francia. 177 p.
- BERTELSEN, E. 1983. Kulturmjölksprodukter I norden. Nordisk Mejeriindustri. 10 (6): 386, 388, 390.
- BOUDIER J. F. 1985. Produits frais. In: Laits et produits laitiers. Vol 2. APRIA. Paris. pp. 35-66.
- BRITO, C. 1990. Cultivos lácticos. Su influencia sobre la calidad físico-organoléptica de los quesos. Alimentos. 15 (3): 61-65.
- BRONDEGAARD, V. J. 1970. Primitiv lobe. Maelkeritidende. 83 (6): 105-113; (7): 137-139.
- CARMINATI, D.; GIRAFFA, G. y BOSSI, M. G. 1989. Bacteriocin-like inhibitors of *Streptococcus lactis* against *Listeria monocytogenes*. Journal of Food Protection. 52: 614-617.
- CERNING, J. 1995. Production of exopolysaccharides by lactic acid bacteria and dairy

- propionibacteria. Lait. 75: 463-475.
- CERNING, J.; BOUILLANINE, CH.; LANDON, M. y DESMAZEAUD, M. 1992. Isolation and Characterization of Exopolysaccharides from Slime-Forming Mesophilic Lactic Acid Bacteria. Journal of Dairy Science. 75 (3): 692-699.
- CHAVARRI, F.; GAYA, P. y MEDINA, M. 1983. Productos lácteos fermentados: una aproximación a sus cualidades nutritivas y terapéuticas. Revista española de lechería. 129: 171-181.
- CHEUNG, B. A. y WESTHOFF, D. C. 1983. Isolation and Identification of Ropy Bacteria in Raw Milk. Journal Dairy Science. 66: 1825-1834.
- CHRISTIANSEN, P. S.; MADEIRA, A. I. M. R. y EDELSTEN, D. 1999. The use of ropy milk as stabilizer in the manufacture of ice cream. Milchwissenschaft. 54 (3): 138-140.
- CLARKE; GIBSON; LEE y JUNIPER. 2001. The Carnivorous Plants FAQ: Ethnobotany. (Disponible en: < <http://www.sarracenia.com/faq/faq1720.html> > Consultada en Junio, 2002).
- CORNEANU, M.; CORNEANU, G. C.; GLODEANU, E.; GABOR, L.; MINEA, R.; MORARIU, V. V.; BADICA, C.; HANESCU, V. y BICA, D. 1998. Medium culture composition and organogenesis processes in *Drosera rotundifolia*. Acta Hortícola. 457: 109-114.
- DELLAGLIO, F. 1988. Fermented Milks, Science and Technology. Bulletin of the International Dairy Federation. 227: 7-18.
- DELVES-BROUGHTON, J. 1990. Nisin and its uses as a food preservative. Food Technology. 44: 100-117.
- DE VUYS, L. y DEGEEST, B. 1999. Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. FEMS Microbiology Reviews. 23: 153-177.
- DIERKSEN, K. P.; SANDINE, W. E. y TREMPY, J. E. 1997. Expresión of Ropy and Mucoid Phenotypes in *Lactococcus lactis*. Journal Dairy Science. 80: 1528-1536.
- DUNN, N. 1995. A l' Anuga: des laits "santé" à la conquête de l' Europe. Revue Laitiere Francaise. 554: 18-20.
- ECKSTEIN, R. L. y KARLSSON, P. S. 2001. The effect of reproduction on nitrogen use-efficiency of three species of the carnivorous genus *Pinguicula*. Journal of Ecology. 89: 798-806.
- ERNST, A. 1961. Revision der Gattung *Pinguicula*. Botanische Jahrbücher. 80 (2): 145-194.
- EVSTINGNEEV, G. M. y JENKIN, D. I. 1989. Conservas Domesticas (Original en ruso). Urozhay. Kiev. pp 148-155.
- FAO, 1990. The technology of traditional milk products in developing countries. (Disponible en: < <http://www.fao.org/docrep/003/t0251e/T0251E14.htm> > Consultada en Mayo, 2004).
- FLEISCHMANN, W. 1924. Tratado de lechería. Gustavo Gili, S.A. Barcelona. 740 p.
- FORSEN, R. 1966. Die langmilch (Pitkäpiimä). Meijeritieteellinen Aikakauskirja 26 (1).
- FRAZIER, W. C. 1972. Microbiología de los alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 512 p.

- GALAMBOSI, B.; GALAMBOSI, Z. y REPCA, M. 2000. Growth, yield and secondary metabolite production of *Drosera* species cultivated in peat beds in Finland. *Suomen. 51* (2): 47-57.
- GALAMBOSI, B.; GALAMBOSI, Z.; REPCA, M. y TAKUNEN, N. 1999. The effect of artificial feeding on growth, yield and quality of *Drosera* species grown indoor. *Drogenreport. 22* (12): 9-18.
- GARCIA, F. 2000. Células y Tejidos del Cuerpo Vegetal. Tejidos Protectores y Secretores. (Disponible en: < www.euita.upv.es/vari/biologia/Temas/tema_5.htm > Consultada en Enero, 2004).
- GIBAJA. 1998. Pigmentos naturales quinónicos. Naftoquinonas. (Disponible en: <<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/Quimica/pigmentos/Naftoquinonas.htm>> Consultada en Agosto, 2003).
- GIBSON, G. R. y ROBERFROID, M. B. 1995. Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the concept of Prebiotics. *Journal of Nutrition. 124*: 1401-1412.
- GISLER, N. 1754. Beschreibung, wie die Dickmilch zugerichtet wird. Der königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften Abhandlungen aus der Naturlehre, Aushaltungskunst und Mechanik. 11: 15-18.
- GONZALEZ, E.; GOMEZ, M. y JIMENEZ, Z. 2003. Bacteriocinas de Probióticos. (Disponible en: <<http://www.uanl.mx/publicaciones/respyv/iv/2/ensayos/bacteriocinas.htm>> Consultada en Octubre, 2003).
- GREUTER y RAVEN. 2000. The Carnivorous Plants FAQ: Taxonomy. (Disponible en: < <http://www.sarracenia.com/faq/faq5030.html> > Consultada en Junio, 2002).
- HAUENSTEIN, E. y LEIVA, L. 1991. Plantas carnívoras de Chile. *El Arbol... nuestro amigo. 7* (1): 50-52.
- HAVERBECK, J. C. y JOFRE, H. M. 1980. Cultivos lácticos empleados en la industria lechera y tecnología de algunos productos lácteos fermentados. Centro tecnológico de la leche para Chile y América latina. Valdivia. Chile. 129 pp.
- HESLOP-HARRISON, Y. 1976. Las plantas carnívoras un siglo después de Darwin. *Endeavour. 35* (126): 114-122.
- HESLOP-HARRISON, Y. 1978. Plantas carnívora. *Investigación y ciencia. 4*: 56-66.
- HONDA, M. 2001. Insectivorous Plants in the Wilderness. (Disponible en: <<http://www.honda-e.com/TextPages/TX-Introduction.htm> > Consultada en Junio, 2002).
- HUMMEL, E. 2002. Traditionele Gefermenteerder Zuivelproducten. Fermented Milks. (Disponible en: <www.voedsel.net/verslag/zuivelproducten.doc> Consultada en Julio, 2003).
- IAÑEZ, E. 1997. Cuerpos Nucleares - El Genóforo Bacteriano. Cuerpos nucleares bacterianos. Cromosoma, plásmidos. (Disponible en: <<http://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/plasmid>> Consultada en Octubre, 2003).
- JUNIPER y SCHLAUER. 2001. The Carnivorous Plants FAQ: Taxonomy. (Disponible en: < <http://www.sarracenia.com/faq/faq5035.htm> > Consultada en Junio, 2002).

- KITAZAWA, H.; YAMAGUCHI, T.; MIURA, M.; SAITO, T. y ITOH, H. 1993. B-Cell mitogen produced by slime-forming, encapsulated *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* isolated from ropy sour milk, viili. *Journal Dairy Science*. 76: 1514-1519.
- KLUPSCH, H. J. 1985. Colture starter per prodotti acidi del latte. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*. 36 (Suppl.): 450-463.
- LAWRENCE, R. C; THOMAS, T. D. y TERZAGHI, B. E. 1976. Reviews of the progress of Dairy Science: Cheese starters. *Journal of Dairy Research*. 43: 141-193.
- LEGENDRE, L. 2002. In vitro Culture of *Pinguicula* and *Drosera*. (Disponible en: <http://perso.club-internet.fr/epbb/pages/culture/in_vitro.htm> Consultada en Octubre, 2003).
- LEGENDRE, L. y PARTRAT, E. 2002. Hosts and Diseases around our *Pinguicula*. (Disponible en: < http://perso.club-internet.fr/cpartrat/Pages/hosts_and_diseases.htm > Consultada en Octubre, 2003).
- LEGENDRE, L. 2000. The genus *Pinguicula* L. (*Lentibulariaceae*): an overview. *Acta Botánica Gallica*. 147 (1): 77-95.
- LUTTGE, U. 1986. Las plantas carnívoras. *Mundo científico*. 6 (54): 4-15.
- MACURA, D. y TOWNSLEY, M. 1984. Scandinavian Ropy Milk – Identification and Characterization of Endogenous Ropy Lactis Streptococci and Their Extracellular Excretion. *Journal of Dairy Science*. 67 (4): 735-744.
- MARSHALL, M. 1987. Fermented milks and their future trends. Part I. Microbiological aspects. *Journal of Dairy Research*. 54: 559-574.
- MARTINEZ, A.; PONTEVEDRA, X.; NOVOA, J. C. y GARCIA-RODEJA, E. 2000. Turberas de montaña del noroeste de la península Ibérica. Texto- Turberas. (Disponible en: < <http://edafologia.ugr.es/Revista/Tomo7/a1t71t.htm> > Consultada en Enero, 2004).
- MEDINA, M.; GAYA, P. y NUÑEZ, M. 1992. Bacteriocinas producidas por bacterias lácticas. *Revista Española de Lechería*. 34: 28, 30-32.
- MOTLAGH, A. M.; JOHNSON, M. C. y RAY, B. 1991. Viability loss of foodborne pathogens by starter culture metabolites. *Journal of Food Protection*. 54: 873-878.
- NAKAJIMA, H.; SUZUKI, Y.; KAIZU, H. y HIROTA, T. 1992. Cholesterol-lowering activity of ropy fermented milk. *Journal of Food Science*. 57: 1327-1329.
- NAKAJIMA, H.; TOYODA, S.; TOBA, T.; ITOH, T.; MUKAI, T.; KITAZAWA, H. y ADACHI, S. 1990. A novel phosphopolysaccharide from slime-forming *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* SBT 0495. *Journal Dairy Science*. 73: 1472-1477.
- NEDOGON, N. 1946. La leche y sus problemas. Editorial Suelo Argentino. Buenos Aires. 282 p.
- NEVE, H.; GEIS, A. y TEUBER, M. 1988. Plasmid-encoded functions of ropy lactic acid streptococcal strains from Scandinavian fermented milk. *Biochimie*. 70: 437-442.
- NILSSON, G. 1950. Nagot om bakteriefloran i den svenka tätmjölken. *Svenska Mejeritidningen*. 38: 411-416.
- NILSSON, G. y NILSSON, R. 1955. The inhibitory effect of Swedish ropy milk on fungi. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae Serie A II*. 60: 235-240.

- NILSSON, R. y NILSSON, G. 1958. Studies concerning Swedish ropy milk. *Archiv für Mikrobiologie*. 31: 191-197.
- OSCARIZ, J. 2000. Biochemical and genetic characterisation of cerein 7 and cerein 8, two novel bacteriocins produced by *Bacillus cereus* Bc7, isolated from a soil sample. (Disponible en: <<http://www.unavarra.es/genmic/publicaciones/Juan%20Carlos%20Actualidad%20SEM.htm>> Consultada en Octubre, 2003).
- PALCZEWSKA, L. 1966. Występowanie esteraz we włoskach gruczołowych i liściach *Drosera rotundifolia* (Sur la presence des estérases dans les tentacules et les feuilles de *Drosera rotundifolia*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 36(2): 307-313.
- PARTRAT, E. 2002. Culture of Mexican *Pinguicula*. (Disponible en: <http://perso.club-internet.fr/epbb/pages/culture/culture_of_mexican_pinguicula.htm> Consultada en Octubre, 2003).
- PARTRAT, E. y LEGENDRE, L. 2002. Greenhouse. Nouvelle page 1. (Disponible en: <http://perso.club-internet.fr/epbb/pages/pages_principales/greenhouse.htm> Consultada en Agosto, 2003).
- PARTRAT, E. y LEGENDRE, L. 2002. *Pinguicula* in nature and in culture. Species. (Disponible en: <http://perso.club-internet.fr/epbb/pages/pages_principales/pictures.htm> Consultada en Octubre, 2003).
- PARTRAT, E. y LEGENDRE, L. 2002. Visist of some friends's *Pinguicula* collections. Nouvelle page 3. (Disponible en: <http://perso.club-internet.fr/epbb/pages/pages_principales/friends.htm> Consultada en Agosto, 2003).
- PETTERSSON, H. E. 1988. Fermented Milks, Science and Technology. *Bulletin of the International Dairy Federation*. 227: 19-26.
- PIARD, J. C. y DESMAZEAUD, M. J. 1992. Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 2. Bacteriocins and other antibacterial substances. *Lait*. 72: 113-142.
- PRUS, H. y BAHRS, L. 1981. Preparation of cheese with ropy lactic acid bacteria. United States Patent: 4,243,684. 6p.
- PUHAN, Z. 1988. Fermented Milks, Science and Technology. *Bulletin of the International Dairy Federation*. 227: 4-6.
- RANGANATHAN, H.; CHANDER, H. y TIWARI, M. P. 1979. Studies on factors affecting ropiness in *Streptococcus lactis*. *Milchwissenschaft*. 34 (6): 333-335.
- READ, E. 2002. My Experiences with Tissue Culture and *Pinguicula*. (Disponible en: <http://perso.club-internet.fr/cpartrat/Pages/my_experiences_with_tissue_culture.htm> Consultada en Octubre, 2003).
- REPCA, M.; GALAMBOSI, B. y TAKKUNEN, N. 2000. The production of 7-methyljuglone, quercetin and kaempferol by *Drosera anglica* and *D. rotundifolia*. *Biologia, Bratislava*. 55 (4): 429-433.
- REQUENA, T. y PELAEZ, C. 1995. Revisión: Actividad antimicrobiana de bacterias lácticas. Producción de bacteriocinas. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 35 (1): 19-44.

- ROBINSON, R. 1995. A colour guide to cheese and fermented milks. Chapman & Hall. Londres. 187 p.
- ROOK, E. 2002. Round Leaf Sundew. *Drosera rotundifolia*. (Disponible en: < <http://www.rook.org/earl/bwca/nature/aquatics/droserarot.html> > Consultada en Enero, 2003).
- SANDBERG, L. 1976. The technology and manufacture of fermented milks. FAO/Finland Training Course on Fermented milks. Hämeenlinna.
- SCOTT, V. N. y TAYLOR, S. L. 1981. Effect of nisin on the outgrowth of *Clostridium botulinum* spores. *Journal of Food Science*. 46: 117-120.
- SHIRAI, K. 2003. Microbiología de la leche y sus productos. (Disponible en: < http://www.geocities.com/ck_shirai/microbiologialeche.htm > Consultada en Septiembre, 2003).
- SIAPA. 2003. Turberas y Tremedales. Sistema de Información Ambiental del Principado de Asturias. (Disponible en: < <http://tematico.princast.es/mediambi/siapa/web/espacios/region/acuaticos/tuberas/> > Consultada en Enero, 2004).
- SIT y IMCG. 2002. Uso Racional de las Turberas. (Disponible en: <<http://www.peatociety.fi/peatInd/wiseusestatementspan.htm>> Consultada en Enero, 2004).
- SPELHAUG, S. R. y HARLANDER, S. K. 1989. Inhibition of foodborne pathogens by bacteriocins from *Lactococcus lactis* and *Pediococcus pentosaceus*. *Journal of Food Protection*. 52: 856-862.
- STORDAL, P. y SAMUELSSON, E. G. 1976. Procesteknologiske aspekter pa syrned maelkeprodukters stabilitet og viskositet specielt med henblik pa fremstilling af mager tykmaelk og yoghurt. *Maelkeritidende*. 89 (3):49-55; (4): 79-84, 86-88, 90-92.
- SUNDMAN, V. 1953. On the protein character of a slime produced by *Streptococcus cremoris* in Finnish ropy sour milk. *Acta Chem. Scand*. 7 (3): 558-560.
- TAMIME, A. y ROBINSON, R. 1988. Fermented milks and their future trends. Part II. Technological aspects. *Journal of Dairy Research*. 55: 281-307.
- THOMAS, S. B. y McQUILLIN, J. 1953. Ropy milk organisms isolated from insectivorous plants. *Dairy Industries*. 18: 40-42.
- THOREN, L. M. y KARLSSON, P. S. 1998. Effects of supplementary feeding on growth and reproduction of three carnivorous plant species in a subarctic environment. *Journal of Ecology*. 86: 501-510.
- THOREN, L. M.; KARLSSON, P. S. y TUOMI, J. 1996. Somatic costo of reproduction in three carnivorous *Pinguicula* species. *Oikos*. 76: 427-434.
- TRUM, B. 1973. Yogur, Kefir y demás cultivos en leche. EDAF, S. A. Madrid. 139 p.
- VEDAMUTHU, E. y SHAH, R. 1981. US4382097: Method for the preparation of naturally thickened and stabilized fermented milk products and products produced thereby. (Disponible en: <http://www.delphion.com/details?pn=US04382097__> Consultada en Octubre, 2003).
- VEGA, M. y BOUTOUX, L. 1997. Aplicaciones alimentarias de las nuevas tecnologías en polisacáridos. (Disponible en:

<<http://www.jrc.es/iptsreport/vol20/spanish/FOO1S206.htm>> Consultada en Octubre, 2003).

VINTEJOUX, C. y SHOAR-GHAFARI, A. 2000. Cellules productrices de mucilages chez les plantes carnivores. Acta Botánica Gallica. 147 (1): 5-20.

WACHER, C.; GALVAN, M. V.; FARRES A.; GALLARDO, F.; MARSHALL, V. y GARCIA, M. 1993. Yogurt production from reconstituted skim milks powders using different polymer and non-polymer forming starter cultures. Journal of Dairy Research. 60: 247-254.

WAWROSCH, CH. STEINBERGER, B. MARKOTAI, J. y KOPP, B. 1993. In vitro propagation of *Drosera species*. Planta Medica. 59:7.

WOLFERTSTETTER, E. 1969. Langmilch – ein product aus lappland. Deutsche Milchwirtschaft. 30: 1473-1474.

WORLEY, A. C. y HARDER, L. D. 1996. Size-dependent resource allocation and costs of reproduction in *Pinguicula vulgaris* (Lentibulariaceae). Journal of Ecology. 84: 195-206.

ZAMBRANA, C. I. 2001. Plantas carnívoras. Biociencias. (Disponible en: <<http://www.biociencias.com/odisea/carnivoras/>> Consultada en Julio, 2002).

ZIN, J. y WEISS, C. 1980. La salud por medio de las plantas medicinales. Editorial Salesiana. 6º edición. Santiago. pp. 133, 163.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías de *Pinguicula antarctica* recolectadas en la cordillera Pelada (cordillera de la costa de La Unión).



FOTOGRAFIA: CLAUDIA VARGAS.



FOTOGRAFIA: CAROLINA LEIVA.



FOTOGRAFIA: RAUL TORRES.





FOTOGRAFIAS: ESTEBAN RAMIREZ.

ANEXO 2. Fotografía de la hoja de *Drosera uniflora*, recolectada desde cordillera Pelada.



FOTOGRAFIA: CAROLINA LEIVA.

ANEXO 3. Cultivos artificiales de *Drosera rotundifolia* en Finlandia (Fotografías gentileza del Dr. BERTALAN GALAMBOSI).



ANEXO 4. Dr. BERTALAN GALAMBOSI observando

una turbera natural en Puumala, Finlandia.

