

VARIABLES MORFOMÉTRICAS Y RELACIONES MORFOLÓGICAS DE *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices, 1986, EN UNA POBLACIÓN SUBMAREAL DEL NORTE DE CHILE*

Morphometric variables and morphological relationships
of *Lessonia trabeculata* Villouta & Santelices, 1986,
in a subtidal population in northern Chile

JULIO A. VASQUEZ

Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Católica del Norte, Casilla 117-Coquimbo, Chile

RESUMEN

Lessonia trabeculata es el alga parda de mayor importancia en cobertura y biomasa en ambientes submareales rocosos entre Arica y Chiloé. Dada la importancia socioeconómica y ecológica de este recurso se estudiaron las relaciones entre variables morfológicas con el objetivo de determinar los mejores descriptores morfométricos en función de su importancia predictiva en el crecimiento del alga y su relación con algunos procesos asociados con la persistencia de sus poblaciones. Las variables morfométricas analizadas permiten caracterizar, evaluar y comparar poblaciones locales de esta especie en un amplio rango ecológico, y constituyen un conocimiento necesario para la elaboración de un plan de manejo de *L. trabeculata*.

Palabras claves: *Lessonia*, macroalgas, manejo de recursos, ambientes submareales.

ABSTRACT

Lessonia trabeculata is the most important phaeophyta in cover and biomass in subtidal rocky environment between Arica and Chiloé. Considering its ecological, social and economic importance the relationships between morphological variables were studied, with the goal to determine the best morphometric descriptors in relation to its predictive importance in seaweed growth and processes associated with populations persistence. The morphometric variables analyzed allowed to characterize, evaluate and compare local populations of this macroalgae in a wide environmental range. This knowledge is very important to develop a *L. trabeculata* plan management.

Key words: *Lessonia*, macroalgae, resource management, subtidal environments.

INTRODUCCION

Lessonia trabeculata es el alga más importante en densidad y biomasa en ambientes submareales entre Arica y Chiloé (Villouta & Santelices 1984, 1986, Vásquez 1989). Durante el año 1982, 12.000 toneladas de *Lessonia* spp. fueron extraídas desde la I a la III Región de Chile, representado para ese año el máximo volumen algal entre las especies de importancia económica. Aunque las estadísticas pesqueras no diferencian entre las especies

de *Lessonia* "cosechadas", antecedentes de pescadores artesanales del norte de Chile sugieren que los mayores volúmenes extraídos en localidades de la zona corresponden a *Lessonia trabeculata*. *L. trabeculata*, comúnmente denominado "huiralo" o "huiravarilla", adquiere un color blanquecino cuando se seca en playa. Por el contrario, *L. nigrescens* permanece de un color café oscuro, lo que facilita su identificación en terreno. Aunque la mayoría de la "cosecha" de *L. trabeculata* corresponde a recolecciones de algas, existe evidencia (comunicación personal de buzos y empresas exportadoras de algas) que en algunas localidades del norte de Chile importantes biomásas de esta especie fueron removidas de poblaciones submareales.

* Trabajo presentado en el IV Simposio sobre Algas Marinas Chilenas (30 de agosto a 1 de septiembre, 1989. Coquimbo, Chile)

(Recibido el 20 de noviembre de 1989.)

Se ha puntualizado que la primera etapa en el estudio de poblaciones naturales de macroalgas es el conocimiento de sus relaciones morfométricas (Santelices 1981, 1982). El análisis de las relaciones entre variables morfológicas de las plantas permite, según este autor, conocer, entre otros: a) las relaciones de crecimiento en y entre las distintas partes de la planta, b) detectar algún carácter morfológico externo, que por su correlación con otros descriptores morfológicos y gravimétricos sea predictivo de tamaño y peso. La detección de este carácter es una herramienta fundamental para el diseño de un plan de manejo, y c) las diferencias morfológicas poblacionales que permiten caracterizar plantas provenientes de ambientes ecológicamente diferentes.

Villouta & Santelices (1984) han documentado algunas relaciones morfométricas de *Lessonia trabeculata* en poblaciones submareales de Los Molles y Horcón. Estas localidades corresponden a áreas semiexpuestas y protegidas, condiciones ambientales que hacen variar la morfología de las plantas (Vásquez 1989), modificando las relaciones morfométricas entre sus parámetros morfológicos. En consecuencia, las relaciones morfológicas mostradas por estos autores pudieran ser válidas sólo para morfos en este tipo de ambientes. Dada la mayor abundancia de esta macroalga en ambientes expuestos, las relaciones morfológicas documentadas por Villouta & Santelices (1984) pudieran no ser representativas de *L. trabeculata* en ambientes donde esta especie concentra su mayor cobertura y biomasa.

Dadas la abundancia de *Lessonia trabeculata* y la variabilidad morfológica de sus poblaciones en Chile centro-norte (Vásquez 1989, en prensa), su importancia como recurso renovable y la necesidad de un manejo fundamentado en antecedentes biológicos, este trabajo determina las relaciones entre las variables morfológicas de *L. trabeculata*. Esto permite generar las bases para caracterizar, evaluar y comparar (en función de los mejores descriptores morfológicos) las poblaciones de esta especie en un amplio rango de su distribución.

MATERIALES Y METODOS

Entre agosto y diciembre de 1987 se recolectaron en playa El Francés (30°05'S - 71°26'O) 80 plantas de *L. trabeculata*, entre los 3 y 12 m de profundidad. Por las características topográficas y oceanográficas (distribución del sustrato y movimiento de agua) de esta localidad las plantas de *L. trabeculata* presentan toda la variabilidad morfológica observada entre Carrizal Bajo (28°04'S) y Los Molles (32°14'S) (Vásquez 1989). Estas macroalgas fueron desprendidas del sustrato mediante palancas mecánicas ("chuzos") y llevadas a superficie. En la playa fueron pesadas (peso húmedo), medidas en su longitud máxima, en el diámetro mayor del disco de adhesión (suponiendo una base circular), longitud a la primera dicotomía (desde la base del disco), contabilizados el número de estipes y el número de estipes con frondas reproductivas. La medición de estas variables permitió caracterizar morfológicamente a esta población y determinar sus mejores descriptores merísticos.

Los descriptores morfológicos cuantificados fueron determinados de acuerdo con: a) su importancia predictiva en el crecimiento de la planta (Villouta & Santelices 1984, Vásquez 1989); b) su relación con algunos procesos ecológicos asociados con la estabilidad y persistencia temporal de la población (Vásquez 1989), y c) la factibilidad y facilidad de medición mediante buceo autónomo.

Mediante los programas STSC-Statgraph (Statistical Graphics Corporation 1985) y Microstat (Ecosoft Inc. 1986) se generó una matriz de correlación múltiple, con las variables morfológicas y gravimétricas de *Lessonia trabeculata*. El test de Bartlett fue utilizado para determinar la normalidad de las variables cuantificadas (Sokal & Rohlf 1981). Los mejores ajustes estadísticos entre las variables medidas se representaron mediante análisis de regresión (Sokal & Rohlf 1981). En algunos casos (especialmente para variables cúbicas como el peso), las variables fueron linealizadas por transformación logarítmica.

RESULTADOS

Las variables morfológicas descriptivas de *Lessonia trabeculata* evaluadas en una población submareal de playa El Francés fueron relacionadas entre sí para determinar sus ajustes más significativos.

El peso total de la planta aumenta exponencialmente con el aumento del diámetro basal del disco de adhesión de *Lessonia trabeculata* (Fig. 1A). Diámetro basal del

disco se relaciona positiva y significativamente con la longitud máxima de la planta (Fig. 1B), mostrando un crecimiento isométrico entre estas dos variables morfológicas. Un ajuste similar se observa entre la longitud máxima de la planta y su peso húmedo total (Fig. 1C).

El número de estipes no se correlaciona significativamente con el diámetro basal del disco de adhesión (Fig. 1D), con el

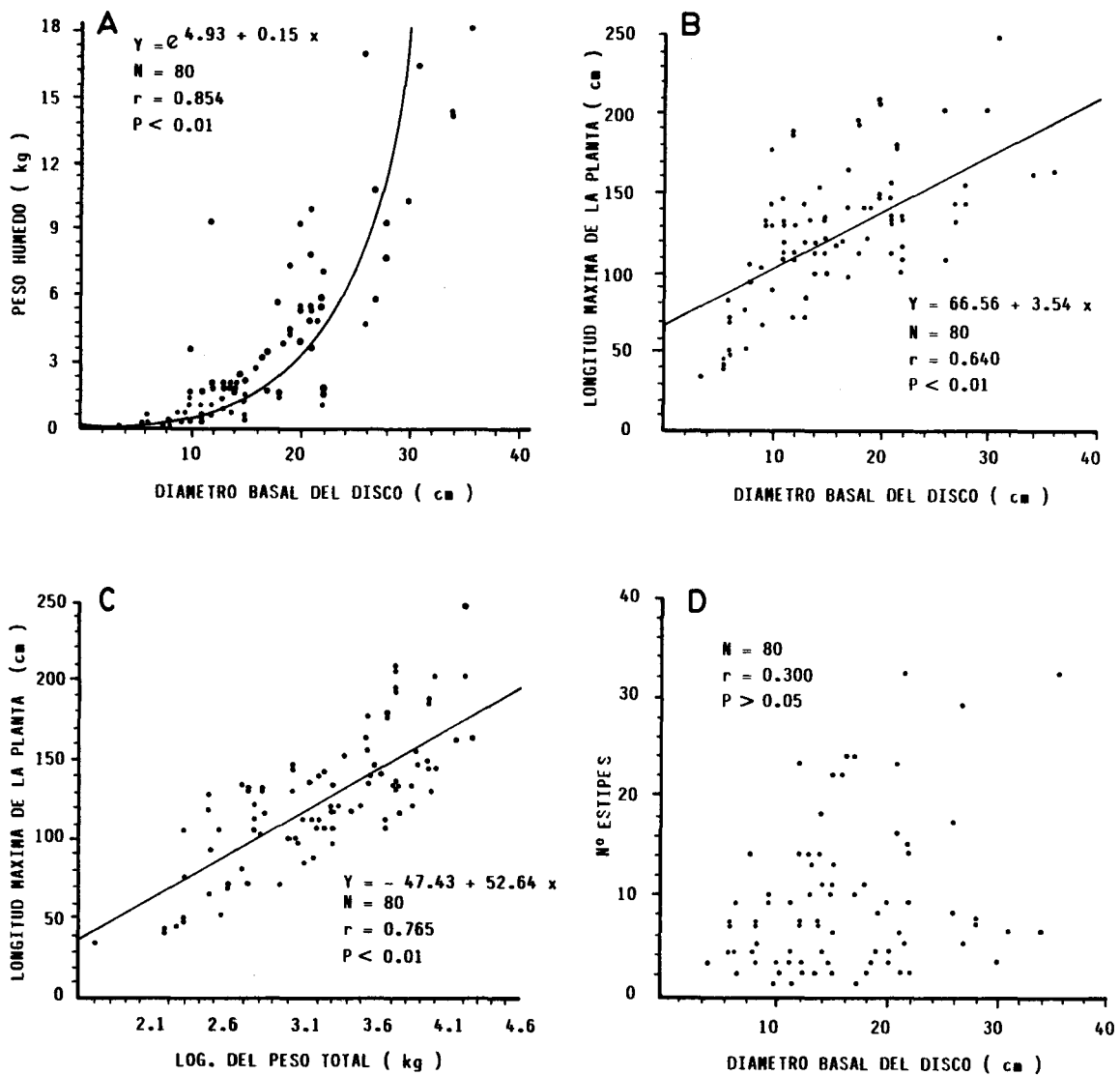


Fig. 1: *Lessonia trabeculata*: Análisis de regresión entre variables morfológicas. (A) Diámetro basal del disco vs. Peso total; (B) Diámetro basal del disco vs. Longitud máxima; (C) Log. Peso total vs. Longitud máxima; (D) Diámetro basal del disco vs. Número de estipes.

Lessonia trabeculata: Regression analysis between morphological variables. (A) Holdfast diameter vs. Total weight; (B) Holdfast diameter vs. Total length; (C) Log. of total weight vs. Maximal length; (D) Holdfast diameter vs. Number of stipes.

peso de la planta (Fig. 2A), ni con la longitud máxima de *Lessonia trabeculata* (Fig. 2B).

El número de estipes con frondas reproductivas se relaciona positiva y significativamente con el diámetro basal del disco de adhesión (Fig. 2C), con el peso total (Fig. 2D) y con el número de estipes (Fig.

3A) de las plantas de *Lessonia trabeculata*. Estas correlaciones evidencian que a medida que la planta aumenta en peso y tamaño, las plantas aumentan su potencial reproductivo. Sin embargo, no existe una regresión significativa entre la longitud máxima y el número de estipes reproductivos en las plantas de *L. trabeculata* en playa El Francés (Fig. 3B).

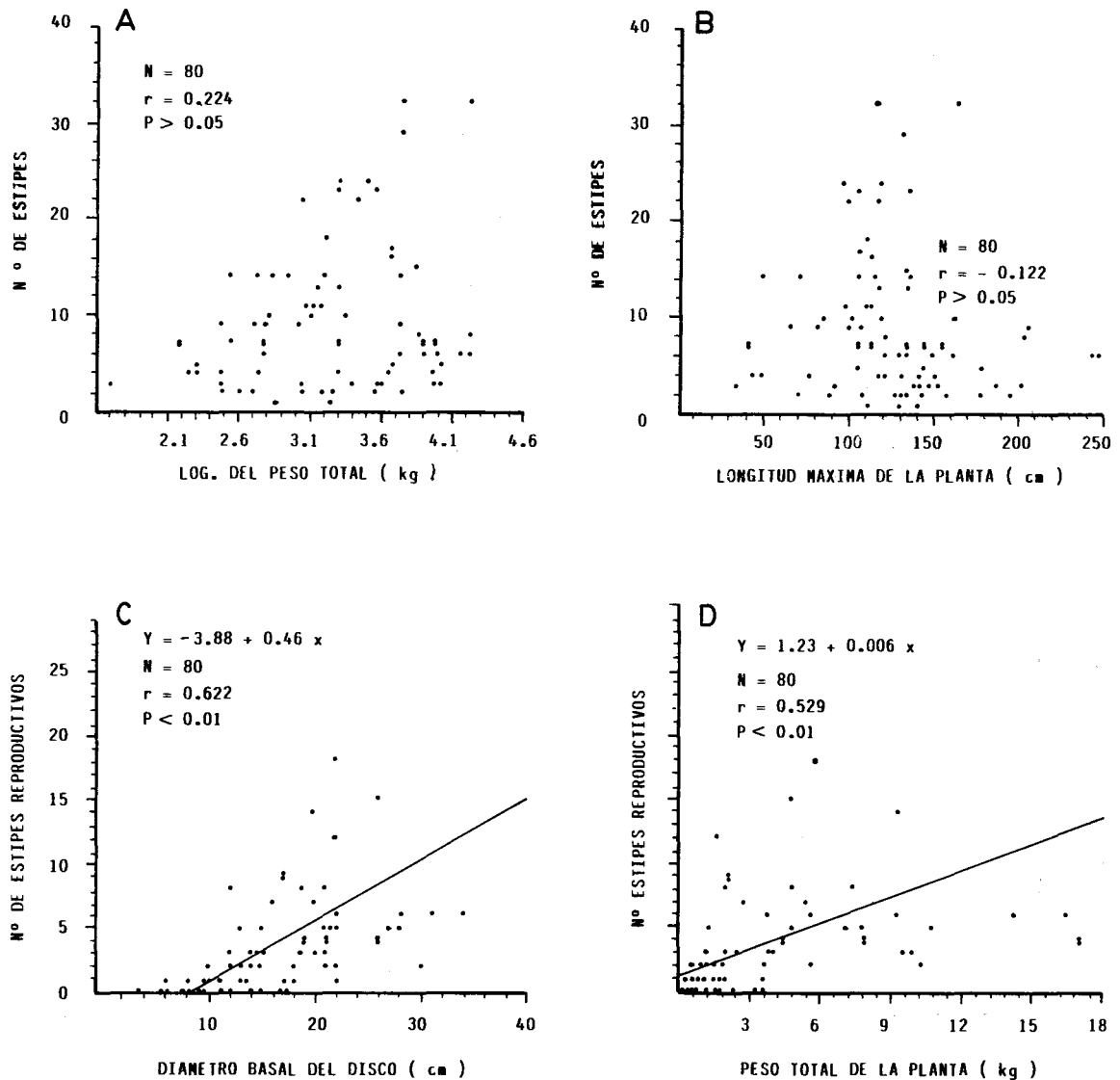


Fig. 2: *Lessonia trabeculata*: Análisis de regresión entre variables morfológicas. (A) Peso total vs. Número de estipes; (B) Longitud máxima vs. Número de estipes; (C) Diámetro basal del disco vs. Número de estipes reproductivos; (D) Peso total vs. Número de estipes reproductivos.

Lessonia trabeculata: Regression analysis between morphological variables. (A) Total weight vs. Number of stipes; (B) Maximal length vs. Number of stipes; (C) Holdfast diameter vs. Number of reproductive stipes; (D) Total weight vs. Number of Reproductive stipes.

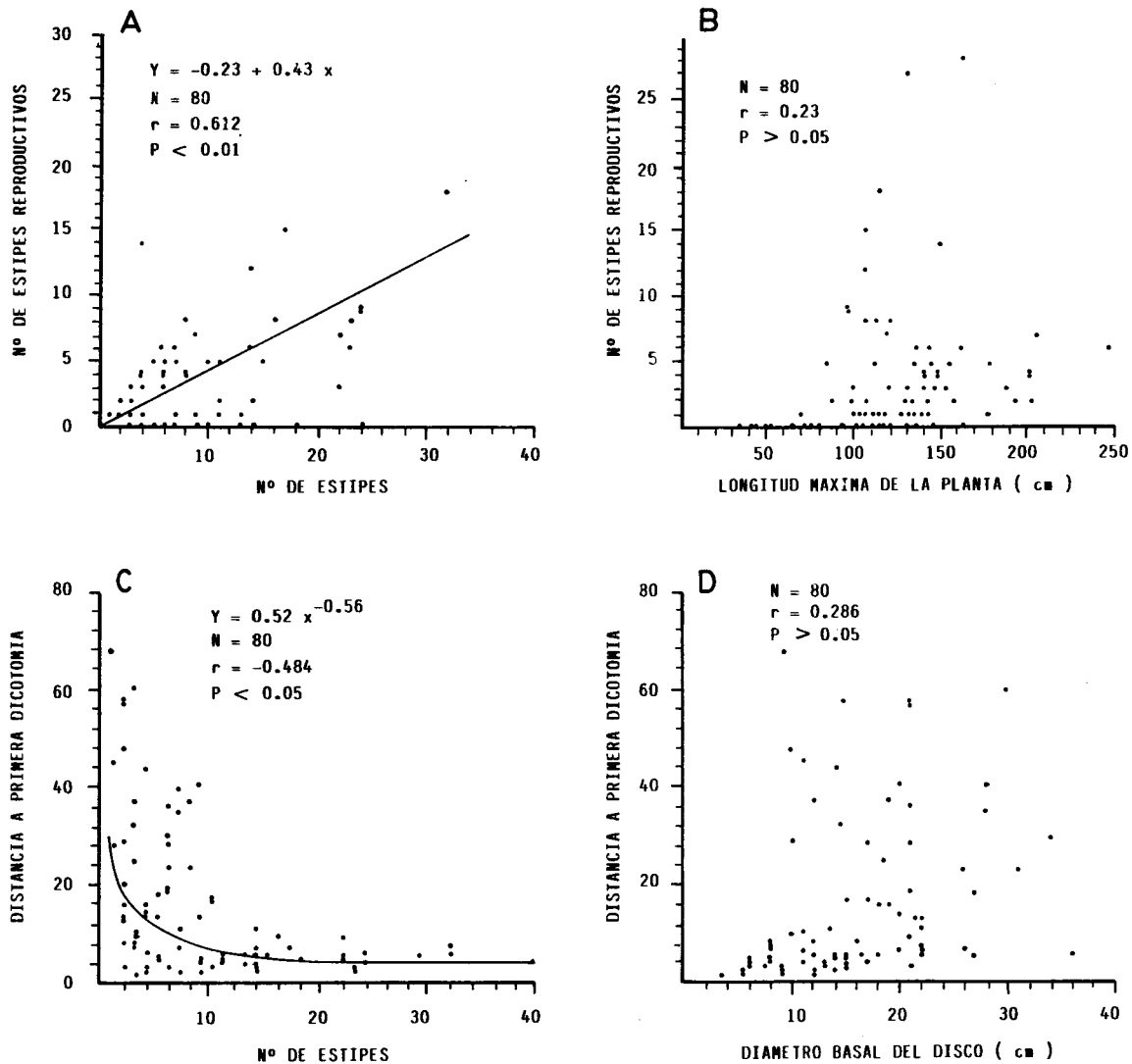


Fig. 3: *Lessonia trabeculata*: Análisis de regresión entre variables morfológicas. (A) Número de estipes vs. Número de estipes reproductivos; (B) Longitud máxima vs. Número de estipes reproductivos; (C) Número de estipes vs. Distancia a la 1^{era} dicotomía; (D) Diámetro basal del disco vs. Distancia a la 1^{era} dicotomía.

Lessonia trabeculata: Regression analysis between morphological variables. (A) Number of stipes vs. Number of reproductive stipes; (B) Maximal length vs. Number of reproductive stipes; (C) Number of stipes vs. Distance 1st dichotomy; (D) Holdfast diameter vs. Distance 1st dichotomy.

Una característica importante de analizar, por su relación con factores ecológicos (e.g., presión de herbivoría), es la distancia desde la base del disco de adhesión a la primera dicotomía de los estipes. La Fig. 3C muestra una relación exponencial negativa entre el número de estipes por planta y la distancia a la primera dicotomía. Esta última variable morfológica, sin embargo, es independiente del aumento

del diámetro del disco de adhesión (Fig. 3D). Por el contrario, la distancia a la primera dicotomía aumenta exponencial y significativamente con el peso total (Fig. 4A) y con la longitud máxima de la planta (Fig. 4B).

Una representación gráfica tridimensional entre las variables diámetro mayor del disco de adhesión, peso total, longitud máxima, número de estipes y número de

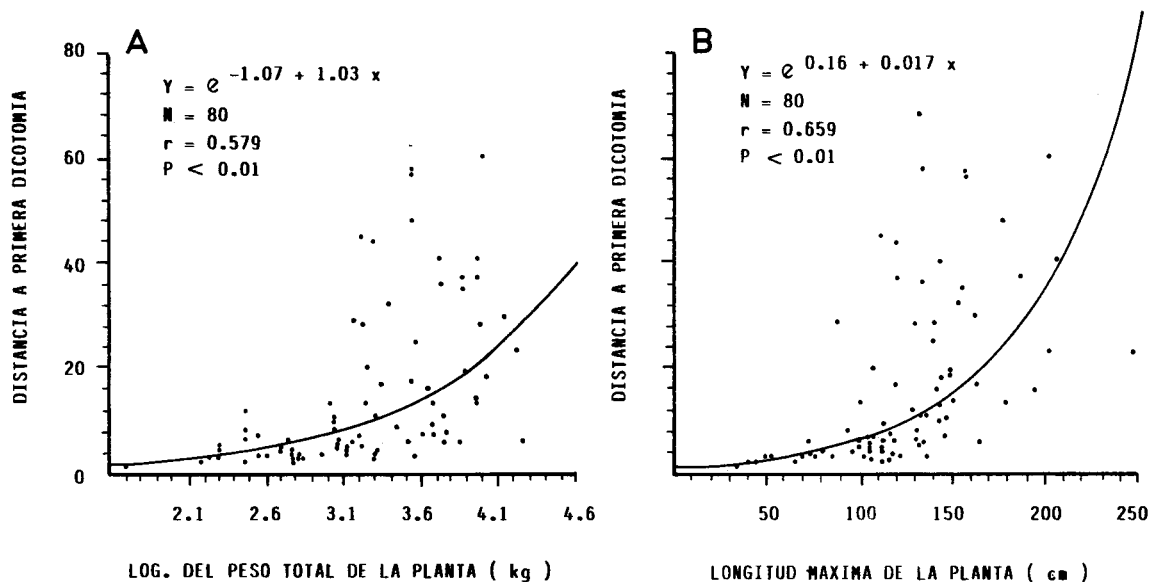


Fig. 4: *Lessonia trabeculata*: Análisis de regresión entre variables morfológicas. (A) Log. del peso total vs. Distancia a la 1^{era} dicotomía; (B) Longitud máxima vs. Distancia a la 1^{era} dicotomía.

Lessonia trabeculata: Regression analysis between morphological variables. (A) Log. of total weight vs. Distance 1st dichotomy; (B) Maximal length vs. Distance 1st dichotomy.

estipes reproductivos muestra para la población de playa El Francés un crecimiento isométrico entre estos descriptores morfológicos (Figs. 5A-B-C). Dada la amplitud de las variables analizadas estas gráficas pueden ser utilizadas como figuras de predicción de las variables morfológicas en una determinada población submareal de *Lessonia trabeculata*. Esta representación gráfica sugiere, además, que diámetro basal del disco de adhesión representa la variable con mayor valor predictivo del peso y la longitud máxima de las plantas de *L. trabeculata*.

DISCUSION

En un trabajo similar, Villouta & Santelices (1984) han documentado algunas relaciones morfológicas de *Lessonia trabeculata* en poblaciones de ambientes semiexpuestos y protegidos en Los Molles y Horcón, respectivamente. En contraste, este estudio caracteriza morfológicamente poblaciones submareales de *L. trabeculata* en costas expuestas al movimiento de agua. En función de las variables morfológicas usadas en ambos estudios, sólo algunas compara-

ciones son posibles. En este contexto variables morfológicas como diámetro basal del estipe y número de dicotomías evaluadas por Villouta & Santelices (1984) son difíciles de medir en ambientes con fuertes corrientes de fondo. Otras, como peso de la fronda, peso del disco y otras variables gravimétricas involucran necesariamente un muestreo destructivo. En consecuencia, las variables morfométricas consideradas en este estudio parecen ser de mayor utilidad en la evaluación de poblaciones submareales de *L. trabeculata* de ambientes expuestos.

El diámetro basal del disco de adhesión representa el carácter morfológico con mayor valor predictivo del peso y tamaño de las plantas de *Lessonia trabeculata*. Sin embargo, el diámetro basal no mostró una relación significativa con el número de estipes y la distancia a la primera dicotomía. De la misma manera, no se encontró una relación significativa entre el número de estipes y el peso total y la longitud máxima de las plantas.

El número de estipes, la distancia a la primera dicotomía desde la base del disco de adhesión y la longitud máxima de la

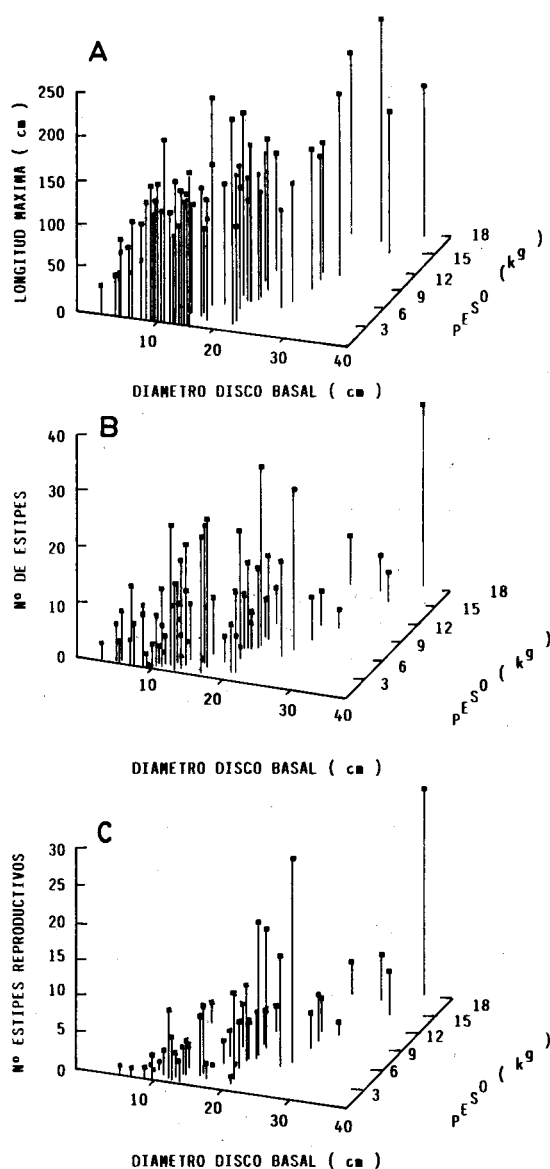


Fig. 5: *Lessonia trabeculata*: Relación gráfica entre variables morfológicas. (A) Diámetro basal del disco-Peso total-Longitud máxima; (B) Diámetro basal del disco-Peso total-Número de estipes; (C) Diámetro basal del disco-Peso total-Número de estipes reproductivos.

Lessonia trabeculata: Graphic relations between morphological variables. (A) Holdfast diameter-Total weight-Maximal length; (B) Holdfast diameter-Total weight-Number of stipes; (C) Holdfast diameter-Total weight-Number of reproductive stipes.

planta parecen ser los caracteres morfológicos de mayor variabilidad en las poblaciones submareales de ambientes expuestos. La expresión de estas variables morfológicas parece estar fuertemente determi-

nada por factores ecológicos extrínsecos a la planta, como movimiento de agua, abrasión y presión de herbivoría. Vásquez, (1989) en un análisis de las poblaciones submareales de *L. trabeculata* de 7 localidades del norte de Chile (entre los 28° y los 32°S), determinó que el número de estipes, la distancia a la primera dicotomía, el diámetro de los estipes y la longitud total de las plantas están fuertemente relacionados con la presión de pastoreo del "Erizo negro" *Tetrapygyus niger*. Dadas las características de sustrato (sustrato rocoso estable rodeado de arena a la manera de "islas"), de reducida exposición al movimiento de agua (ambientes protegidos) y de abundancia de "erizos negros" (densidades < 3 indv/m²) asociadas a las poblaciones de *L. trabeculata* de Horcón y Los Molles (Villouta & Santelices 1984), las relaciones de crecimiento mostradas por estos autores son válidas sólo para ambientes submareales con las características mencionadas anteriormente.

El diámetro del disco de adhesión, por su facilidad en la medición en terreno, puede ser usado en evaluaciones de la densidad y biomasa de poblaciones submareales de esta especie. Resultados similares han sido encontrados por Villouta & Santelices (1984) para poblaciones submareales de Horcón (V Región) y Los Molles (IV Región) y por Pizarro (1981) para poblaciones en la ensenada de Reque, en Concepción. El diámetro mayor del disco basal representa también la variable morfológica de mayor capacidad predictiva de peso y tamaño de la planta en poblaciones intermareales de *Lessonia nigrescens* (Santelices 1982). El diámetro basal, la longitud máxima y el peso total de la planta, muestran una relación positiva y significativa entre sí en las áreas submareales muestreadas. Esto sugiere un crecimiento proporcional entre estas variables morfológicas. Relaciones similares han sido reportadas por Villouta & Santelices (1984) entre el diámetro basal del disco (grampón) y variables como longitud de las frondas, peso del disco y peso total de la planta.

Si consideramos al diámetro mayor del disco de adhesión como un indicador del tamaño de la planta, los resultados indican

que *Lessonia trabeculata* inicia su reproducción tempranamente en su desarrollo. En ambientes expuestos, plantas con diámetros de disco menores a 10 cm ya presentan estipes con frondas reproductivas. El número de estipes con frondas reproductivas se incrementa significativamente a medida que el tamaño del disco, el peso y el número de estipes de las plantas aumentan. Estas relaciones entre parámetros de crecimiento e indicadores reproductivos no fueron evaluadas por Villouta & Santelices (1984) en poblaciones submareales de Horcón y Los Molles.

Plantas que tienen un mayor número de estipes presentan la primera dicotomía de sus estipes muy cerca del disco de adhesión. Esta relación es independiente del diámetro basal del disco; sin embargo, se correlaciona positiva y exponencialmente con el peso total y la longitud máxima de la planta. Esta evidencia descriptiva apoya fuertemente la evidencia experimental que documenta el efecto que ejercen los pastoreadores sobre *L. trabeculata* y de los mecanismos que permiten una mayor estabilidad de las poblaciones submareales de *Lessonia trabeculata* (Vásquez 1989, Vásquez & Santelices 1990). Vásquez (1989) ha documentado experimentalmente que la presión de herbivoría generada por *Tetrapygus niger* y *Tegula tridentata* condiciona un determinado fenotipo algal. En playa El Francés, entre los 3 y 6 m de profundidad, la densidad de erizos no excede los 3 indiv/m², y las plantas de *L. trabeculata* se caracterizan por ser del tipo "arborescente" (*sensu* Vásquez 1989). Numerosos y flexibles estipes representan la característica más relevante de las plantas, generando un mecanismo de escape a la presión de herbivoría ejercida por los erizos. Número de estipes y movimiento de agua constituyen de esta manera los factores más importantes que mantienen a distancia a herbívoros benthicos, dificultan el pastoreo de estos organismos y favorecen la expresión de morfologías arbustivas (Vásquez 1989, Vásquez & Santelices 1990).

Las variables morfológicas consideradas en este estudio mostraron ser buenos descriptores de poblaciones submareales de

Lessonia trabeculata, en relación a condiciones de exposición y a la variabilidad de factores ecológicos extrínsecos. De esta manera, número de estipes y distancia a la primera dicotomía pueden ser utilizados como indicadores indirectos de características ambientales como exposición y movimiento de agua (corrientes de fondo) y presión de los pastoreadores benthicos asociados a estas comunidades submareales. En este contexto una planta con un número reducido de estipes (< 8 estipes por planta) y con una distancia mayor a 20 cm entre la base del disco y la primera dicotomía del estipe es indicadora de ambientes con una alta presión de pastoreo (Vásquez & Santelices 1990). Dadas las variables morfométricas evaluadas por Villouta & Santelices (1984) en poblaciones submareales de *L. trabeculata* de Horcón y Los Molles, no es posible inferir sobre los factores ecológico-ambientales anteriormente mencionados.

Todas las regresiones entre parámetros morfológicos determinadas por Villouta & Santelices (1984, Tabla 2) muestran relaciones positivas y significativas entre ellas. Sin embargo, los coeficientes de regresión obtenidos por estos autores ($r > 0,69 < 0,95$) parecen estar fuertemente influidos por la dependencia entre las variables utilizadas (e.g., longitud fronda-peso fronda; diámetro grampón-peso grampón; diámetro basal estipe-peso estipe; altura grampón-peso grampón). En contraste, los resultados obtenidos en este estudio muestran que relaciones entre pares de variables morfológicas como: diámetro disco-número de estipes; Log. peso total-número de estipes; longitud máxima-número de estipes; longitud máxima-número de estipes reproductivos y diámetro disco-distancia primera dicotomía no son estadísticamente significativas. Aunque estas relaciones morfométricas no fueron documentadas por Villouta & Santelices (1984), los resultados sugieren diferencias morfológicas entre plantas de *Lessonia trabeculata* provenientes de ambientes con distinta exposición al movimiento de agua y la necesidad de determinar relaciones morfométricas con variables de mayor independencia entre sí.

Los resultados de este estudio constituyen una herramienta base para evaluar las poblaciones submareales de *Lessonia trabeculata* en un rango de condiciones ecológicas diferentes a las ya documentadas en la literatura. Sugieren, además, la necesidad de determinar relaciones morfológicas entre variables similares a las utilizadas en este estudio, en ambientes con distintas condiciones de exposición. Este tipo de estudios constituyen una etapa fundamental y necesaria para establecer planes de manejo de este importante recurso algológico a lo largo del litoral de Chile continental, al menos entre Arica y Chiloé.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue terminado durante una estadía postdoctoral en Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego como becario de la Fundación Andes. Agradezco el apoyo del Departamento de Biología Marina y de la Unidad de Computación de la Universidad Católica del Norte. Este estudio fue financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad Católica del Norte (Proyecto DGI. 87-88).

LITERATURA CITADA

- PIZARRO A (1981) Herbivoría sobre una población del alga parda sublitoral *Lessonia* sp.: persistencia local bajo alta presión de consumo. Tesis de Biólogo Marino Universidad de Concepción.
- SANTELICES B (1981) Manejo de praderas de *Lessonia nigrescens* en Chile central. Informe final Subsecretaría de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (Chile).
- SANTELICES B (1982) Bases biológicas para el manejo de *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta; Laminariales) en Chile central. Monografías Biológicas (Chile) 2: 135-150.
- SOKAL RR & FJ ROHLF (1981) Biometry. 2nd Ed. WH Freeman and Co., San Francisco, 859 p.
- VASQUEZ JA (1989) Estructura y organización de huerales submareales de *Lessonia trabeculata*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- VASQUEZ JA & B SANTELICES (1990) Ecological effects of harvesting *Lessonia* (Laminariales, Phaeophyta) in Central Chile. *Hydrobiologia* 204/205: 41-47.
- VASQUEZ JA (en prensa) *Lessonia trabeculata* a subtidal bottom kelp in northern Chile: a case of study for a structural and geographical comparison. In: Seeliger U (ed) Coastal Plant Communities of Latin America, Academic Press Inc.
- VILLOUTA E & B SANTELICES (1984) Estructura de la comunidad submareal de *Lessonia* (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. *Revista Chilena de Historia Natural* 57: 111-122.
- VILLOUTA E & B SANTELICES (1986) *Lessonia trabeculata* sp. nov. (Laminariales, Phaeophyta), a new kelp from Chile. *Phycologia* 25: 81-86.