

INTERACCION ECOLOGICA ENTRE LA DIATOMEA EPIZOICA
PSEUDOHIMANTIDIUM PACIFICUM HUST. & KRASSKE, 1941 Y
COPEPODOS DEL GENERO CORYCAEUS*

Humberto González** y Luisa Vergara**

ABSTRACT. Ecological interaction between the epizoic diatom *Pseudohimantidium pacificum* Hust. & Krasske and copepods of genus *Corycaeus*.

Zooplankton samples were collected in Concepción Bay and adjacent areas in October-December 1982 and July-October 1983. Copepods of genus *Corycaeus* infested with epizoic diatoms of the specie *Pseudohimantidium pacificum* Hust. & Krasske, 1941, were analysed using both light and scanning electron microscopy.

The distribution pattern of the algae on *Corycaeus* sp. includes an anterior dorsal zone (head) and 2nd antenna predominance in males, and anterior dorsal zone (head) and V thoracic segment predominance in females. This distribution agrees with the hypothesis of mating behavior as the transference mechanism for the diatoms.

The highest abundance in the vertical distribution of *Corycaeus* sp. was found at 10 m depth. In relation to *P. pacificum*, this kind of distribution would imply an ecological advantage in relation to *P. pacificum*, this kind of distribution would imply an ecological advantage in relationship with light intensity.

Our observations suggest that the *P. pacificum*-*Corycaeus* interaction is a process both highly specific (only observed in genus *Corycaeus*, although 45 other copepods taxa were found in the area) and efficient (\bar{x} = 67.2% of infested copepods in the oceanic area neighbouring at the Concepción Bay).

Keys words: Diatom, copepod, epizoic, ecological interaction, distribution, Concepción.

* Financiado por la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Proyecto DIUC 184/82.

** BIOTECMAR, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Talcahuano, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

INTRODUCCION

Los representantes de la familia Protoraphidaceae son generalmente señalados como típicamente epizoicos sobre distintas especies de copépodos (Gibson 1979a) y *P. pacificum* específicamente en ejemplares del género *Corycaeus* (Voigt 1959, Russell & Norris 1971, Gibson 1979b).

P. pacificum se diferencia de los otros representantes de la familia Protoraphidaceae por su eje apical curvado y la presencia de un canal provisto de notorios poros en los extremos de la valva que internamente se abren en una fila de procesos labiados.

A través de un pedúnculo de mucopolisacáridos, la diatomea puede adherirse a ejemplares de *Corycaeus* sp. Gibson (1979b), observó que eran campos de poros apicales los responsables de la producción de mucílago en *P. pacificum* y no las filas de procesos labiados.

A pesar de disponerse de información acerca de aspectos morfológico-descriptivos de *P. pacificum* y su interacción con representantes del género *Corycaeus*, existe poca información ecológica al respecto.

El objetivo de esta investigación es entregar antecedentes ecológicos acerca de la distribución horizontal y vertical del género *Corycaeus* y antecedentes cualitativos y cuantitativos de su interacción con la diatomea epizoica *P. pacificum*.

MATERIALES Y METODOS

La distribución y abundancia de *Corycaeus* sp. y su interacción con la diatomea epizoica fueron analizadas en muestras de las estaciones 4, 5, 6 y 7, colectadas en la bahía Concepción (36°40'S; 73°01'W) (Fig. 1), mediante arrastres oblícuos integrados con red "bongo" de 335 µm de trama y arrastres horizontales estratificados con red "Clark-Bumpus", en el rango batimétrico de 0-40 m (0-1, 10, 20, 30 y 40), durante octubre-diciembre de 1982 y julio-octubre de 1983.

Además, se analizaron muestras oceánicas provenientes de las estaciones 1, 2 y 3 (Fig. 1) situadas a 11, 24 y 36 millas

de la costa respectivamente, con el objetivo de analizar la extensión espacial de la interacción copépodo-diatomea y su dependencia en función con la distancia de la costa.

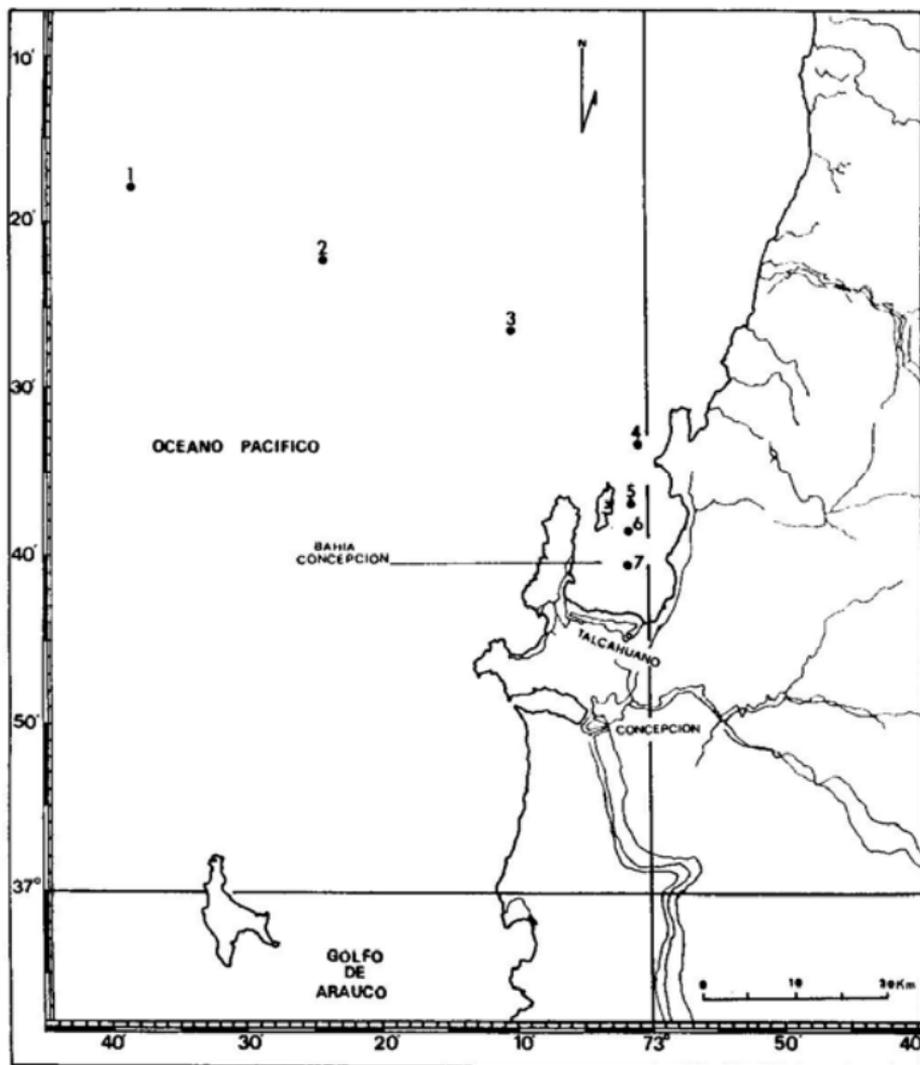


Fig. 1. Localización de las estaciones de muestreo en la bahía Concepción y área oceánica adyacente.

Las muestras de zooplancton se fijaron en formalina al 5%, neutralizada con bórax. Los individuos de *Corycaeus* sp. fueron analizados en submuestras obtenidas con separador Folsom.

A partir de 218 copépodos del género *Corycaeus* elegidos al azar, se analizó el patrón de distribución del alga sobre el exoesqueleto de machos y hembras.

Se aislaron copépodos portadores de *P. pacificum* que fueron lavados con agua destilada, deshidratados en una batería de alcoholes hasta acetona y secados al punto crítico para ser montados en portamuestras, metalizados con oro-paladio y analizados en un microscopio electrónico de barrido Auto-Scan U-1.

Muestras *in vivo* fueron utilizadas para aislar individuos con y sin diatomeas, para ser mantenidos en frascos de cultivo en laboratorio.

La presencia planctónica y/o bentónica de especímenes de *P. pacificum* de vida libre, se revisó en 35 muestras de red (80 μ m de trama, colectadas entre mayo de 1982 y octubre de 1983) y 20 muestras de sedimentos de arena y fango (obtenidas con draga Petersen, durante septiembre-octubre de 1983).

RESULTADOS

Distribución vertical y horizontal de *Corycaeus* sp.

La relativa constancia de los valores de abundancia de *Corycaeus* sp. en sentido horizontal al interior de la bahía de Concepción, contrasta con el marcado predominio a los 10 m de profundidad en su distribución vertical (Figs. 2 y 3). La distribución vertical del copépodo en las áreas adyacentes en cambio, se observa entre los 15 y 20 m (Fig. 3).

Tanto en el interior de la Bahía como en las áreas adyacentes, la incidencia del epizoísmo de *P. pacificum* sobre *Corycaeus* sp. es proporcional a la abundancia del copépodo (Fig. 3).

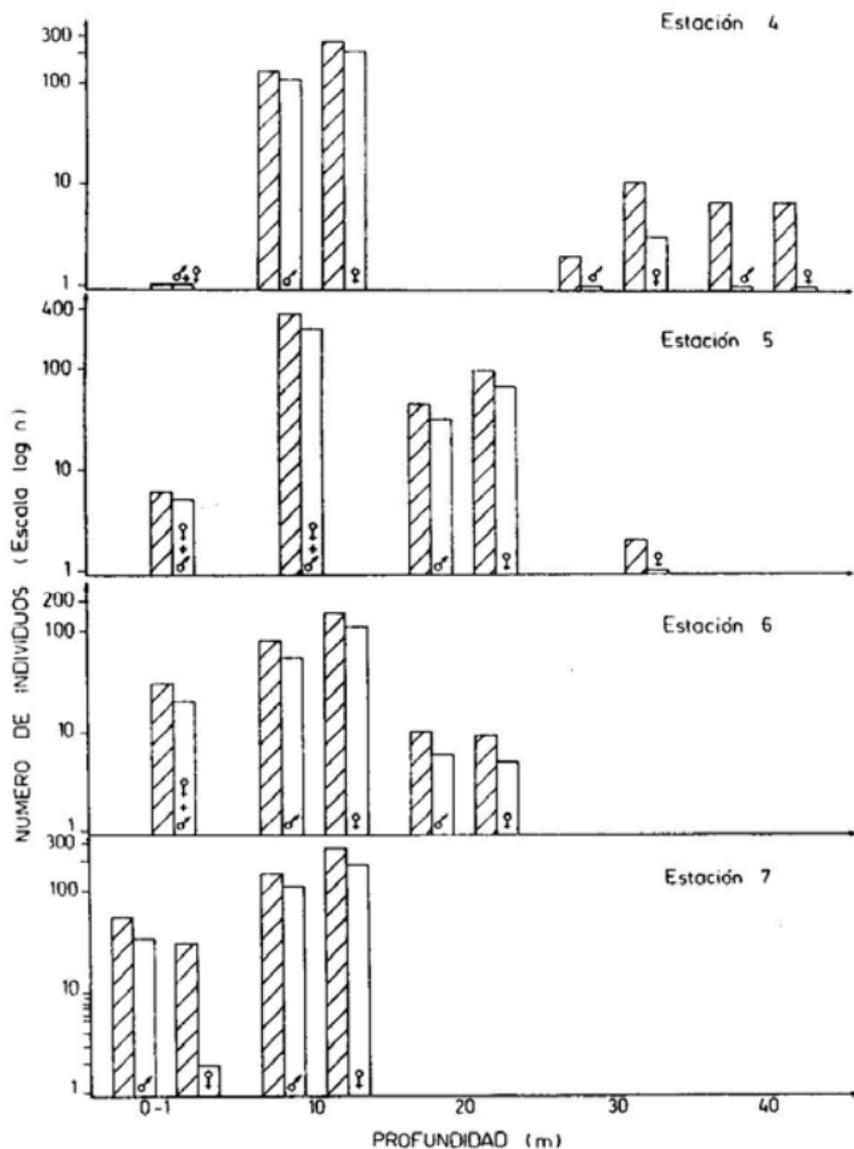


Fig. 2. Distribución vertical de *Corycaeus* sp. machos y hembras, en las estaciones de muestreo de la bahía Concepción. Barras achuradas indican número total de individuos, barras vacías indican número de individuos portadores de *P. pacificum*.

Se observó una distribución regional diferencial de *Corycaeus* sp. según sexo, encontrándose un mayor número de hembras al interior de la Bahía (Fig. 2), y la predominancia de machos en la región oceánica adyacente (Tabla 1).

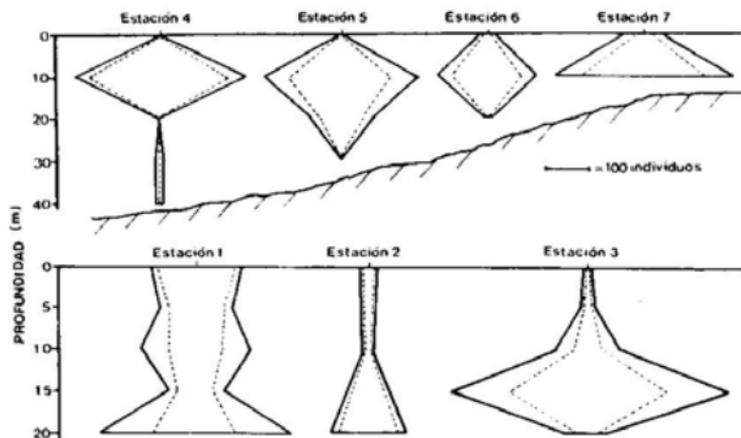


Fig. 3. Distribución vertical de *Corycaeus* sp. en la bahía Concepción (A) y área oceánica adyacente (B). Total de individuos (—), total de individuos portadores de *P. pacificum* (-----).

Frecuencia de Interacción y Patrón de distribución de *P. pacificum* sobre *Corycaeus* sp.

La proporción en que se observa la interacción copépodo-diatomea en las estaciones del área oceánica adyacente a la bahía Concepción (Tabla 1), fluctuó en el rango de 42,9 y 90,2% con un promedio de 67,2% del total de copépodos analizados.

TABLA 1. Distribución vertical, abundancia de *Corycaeus* sp. y porcentaje de copépodos machos y hembras portando de *P. pacificum* en el área oceánica adyacente a la bahía Concepción (19/10/83).

Estación Lat. y Long.	Vol. filt. (m ³)	Prof. (m)	Total <i>Corycaeus</i> sp.	Total c/diatomeas %	♂	♀
Estación 1						
36°18'S; 73°39'W	1	0	215	185 (86,0%)	179	6
	1	5	173	135 (78,0%)	128	7
	1	10	265	129 (48,7%)	125	4
	1	15	132	84 (63,6%)	72	12
	1	20	459	197 (42,9%)	94	103
Estación 2						
36°23'S; 73°25'W	1	0	38	26 (68,4%)	14	12
	1	5	36	29 (80,6%)	17	12
	1	10	21	16 (76,2%)	7	9
	1	15	92	83 (90,2%)	48	35
	1	20	180	135 (75,0%)	90	45
Estación 3						
36°27'S; 73°11'W	1	0	12	9 (75,0%)	6	3
	1	5	27	20 (74,1%)	10	10
	1	10	150	69 (46,0%)	55	14
	1	15	649	369 (56,8%)	230	139
	1	20	111	53 (41,0%)	41	12

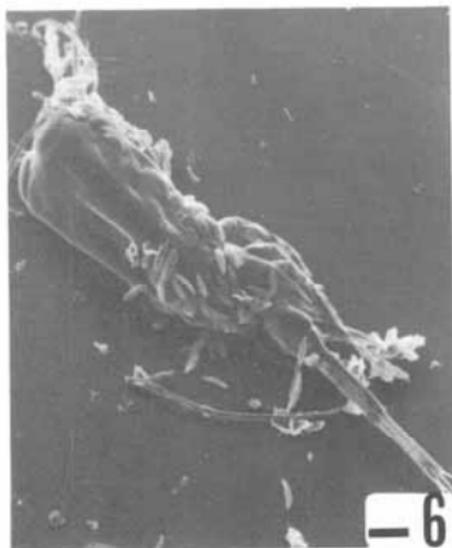
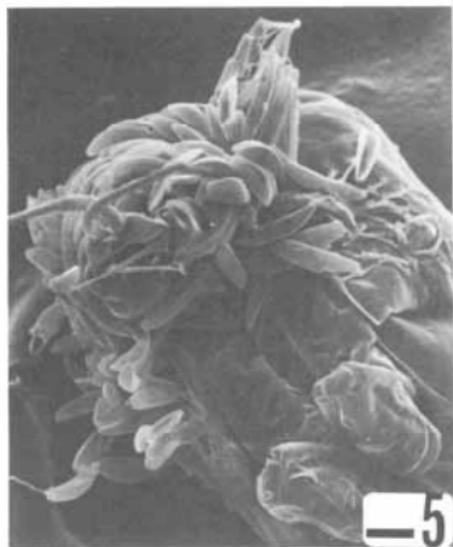
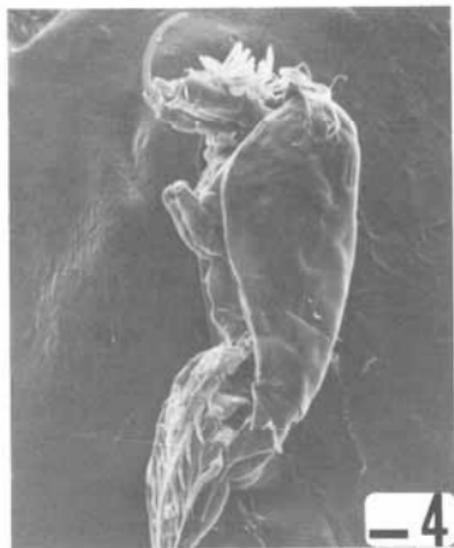
La frecuencia porcentual en la distribución de *P. pacificum* sobre diferentes zonas del exoesqueleto de *Corycaeus* sp. (Tabla 2), demostró el predominio en la zona dorsal de la cabeza (94,4%) y II antena (75,3%) para los machos y zona dorsal de la cabeza (99,2%) y V segmento torácico (24,8%) para hembras (Figs. 4, 5, 6 y 7).

TABLA 2. Zonas de fijación y frecuencia de *Pseudohimantidium pacificum* sobre *Corycaeus* sp. machos y hembras.

	MACHOS		HEMBRAS	
	Frecuencia Absoluta	%	Frecuencia Absoluta	%
Primera antena	13	14.6	3	2.3
Segunda antena	67	75.3	1	0.8
Segunda maxila	2	2.2	0	0.0
Cabeza	84	84.4	128	99.2
Primer par de patas	1	1.1	0	0.0
Segundo par de patas	1	1.1	0	0.0
Cuarto par de patas	0	0.0	3	2.3
Quinto par de patas	0	0.0	1	0.8
Segundo segmento torácico	2	2.2	5	3.9
Tercer segmento torácico	2	2.2	5	3.9
Cuarto segmento torácico	7	7.9	6	4.7
Quinto segmento torácico	10	11.2	32	24.8
Segmento genital	14	15.7	5	3.9
Segmento anal	2	2.2	0	0.0
Ojos	4	4.5	0	0.0
INDIVIDUOS TOTALES	89		129	

Fig. 4. *Corycaeus* sp. macho portando una gran cantidad de diatomeas epizoicas en la zona de la antena II. Fig. 5. Otro ejemplar que evidencia una cobertura total de diatomeas en la zona de la antena I y antena II. Fig. 6. *Corycaeus* sp. portando diatomeas epizoicas en la zona de la cabeza y zona dorsal posterior del exoesqueleto. Fig. 7. Región magnificada de la zona posterior del cefalotórax.

Escalas barras: Fig. 4 = 60 μ m Fig. 5 = 30 μ m
 Fig. 6 = 80 μ m y Fig. 7 = 30 μ m



No se encontraron representantes de *P. pacificum* en muestras bentónicas y solamente frústulos aislados en 3 de las 35 muestras de red colectadas, cuyo origen podría estar determinado por desprendimiento desde copéodos.

En el laboratorio se instalaron frascos de cultivo con agua de mar filtrada (0.45 μm), conteniendo machos y hembras de *Corycaeus* sp. con (5) y sin (30) diatomeas epizoicas. Después de 7 días se pudo constatar la presencia de 12 ejemplares portando diatomeas y 23 sin ellas.

DISCUSION

La distribución geográfica de *P. pacificum* que se extendía hasta los 33°S fuera de la costa chilena (Belyaeva 1973. fide Simonsen 1974), es ampliada hasta los 36°40'S en el presente estudio.

La alta frecuencia de copéodos con diatomeas epizoicas en el área adyacente a la bahía Concepción (\bar{X} = 67.2%), es un buen indicador de la estabilidad de la interacción.

De los 45 taxa de copéodos determinados para la bahía Concepción, solamente en ejemplares de *Corycaeus* sp. se determinó la presencia de *P. pacificum*, demostrando la alta especificidad de la interacción que contrasta con el amplio espectro de copéodos portadores de *Protoraphis atlantica* Gibson 1979, especie perteneciente al otro género de la familia Protoraphidaceae (Gibson 1979a).

La frecuencia porcentual de la fijación de la diatomea sobre las distintas zonas corporales de copéodos machos y hembras, es similar al determinado por Russell & Norris (1971) y se corresponde con las zonas de mayor contacto durante la cópula, apoyando la hipótesis de transferencia de diatomeas entre copéodos durante este proceso. Las experiencias de laboratorio corroboran este acontecimiento.

Tanto la mayor abundancia de *Corycaeus* sp. como la mayor incidencia de la interacción se observó a los 10 m de profundidad al interior de la bahía y entre 15 y 20 m en el área oceánica adyacente. Sin embargo, el patrón de distribución de abundancia de la asociación de *Corycaeus* sp. con *P. pacificum* epizoicas, es proporcional y coincide con la del copépodo

(considerando número total de individuos), lo que indica que la incidencia de esta asociación interespecífica, no depende de la profundidad, ni de la abundancia y sexo del huésped.

Las profundidades de máxima abundancia de *Corycaeus* sp., coinciden con el máximo de abundancia, en la distribución vertical de los principales grupos de taxa fitoplanctónicos, en muestras analizadas para las diferentes áreas estudiadas.*

Es posible que la selección por parte del alga de un sustrato móvil, que se mantiene preferentemente en un rango de profundidad óptimo para el fitoplancton *in toto*, responda a un proceso evolutivo que para *P. pacificum*, ha conducido a una ventaja adaptativa en relación al adecuado nivel de intensidad luminosa y la posibilidad de alcanzar diferentes disponibilidades de nutrientes y rápida dispersión. Además, la diversificación del nicho ecológico de la diatomea hacia organismo epizoico, podría ser una estrategia para evitar la competencia (i.e. por sustrato en un sistema bentónico) y/o la mortalidad por consumidores herbívoros.

Hasta el momento se desconocen los efectos que las diatomeas epizoicas pudieran ejercer sobre su "copépodo sustrato". Es posible que éstas interfirieran la natación disminuyendo su velocidad, lo que podría reducir la habilidad de este copépodo para escapar a la predación, tampoco se ha estudiado si los predadores de *Corycaeus* sp. hacen uso de la energía adicional y suministro de nutrientes aportados por las diatomeas adheridas.

Observaciones de laboratorio parecen indicar que copépodos portadores de un alto número de *P. pacificum*, no ven disminuidos sus procesos de cópula y natación. Por otra parte, se ha señalado que el alga podría ayudar a aumentar el área superficial del copépodo y por tanto su flotabilidad (Klevenhusen 1933, *fide* Russell & Norris 1971).

CONCLUSIONES

La distribución geográfica de *P. pacificum* se extiende hasta los 36°40'S fuera de la costa chilena.

* González, datos no publicados.

El patrón de distribución de *P. pacificum* sobre *Corycaeus* sp., indica que el mecanismo de transferencia entre copépodos está determinado por el comportamiento copulatorio.

Las mayores abundancias de *Corycaeus* sp. en su distribución vertical corresponden a las profundidades de 10 m para la bahía Concepción y de 15 m para el área oceánica adyacente.

La simbiosis *P. pacificum* - *Corycaeus* sp. es una interacción altamente específica.

AGRADECIMIENTOS. Los autores desean expresar sus agradecimientos al Dr. P. Bernal (BIOTECMAR. Universidad Católica de Chile, Sede Valcahuano) por la revisión crítica del manuscrito y valiosas sugerencias aportadas.

LITERATURA CITADA

- Belyaeva, T.V. 1973. Observations and distribution of the diatom genus *Pseudohimantidium* Hustedt & Krasske. *Botanicheskii Zhurnal* (Leningrad), 58: 883-885.
- Gibson, R.A. 1979a. *Protoraphis atlantica* sp. nov., a New Marine Epizoic Diatom. *Bacillaria*, 2: 109-126.
- Gibson, R.A. 1979b. An Ultrastructure Study of *Pseudohimantidium pacificum* Hust. & Krasske (Bacillariophyceae: Protoraphidaceae) with Special reference to the Labiate Processes. *Nova Hedwigia Beih.*, 64: 147-156.
- Gibson, R.A. 1979c. Observations of Stalk Production by *Pseudohimantidium pacificum* Hust. & Krasske (Bacillariophyceae: Protoraphidaceae). *Nova Hedwigia*, 31 (4): 899-915.
- Hasle, G.R. 1973. The "Mucilage Pore" of Pennate Diatoms. *Nova Hedwigia Beih.*, 45: 167-194.
- Klevenhusen, W. 1933. Beitrag zur Systematik und Biologie der Corycaeen nach dem Material der Meteor-expedition. *Zoologische Jahrbücher*, 64: 583-602.
- Krasske, G. 1941. Die Keiselaigen des Chilenischen Küstenplanktons. *Archiv für Hydrobiologie*, 38: 260-287.
- Russell, D.J. & R.E. Norris. 1971. Ecology and Taxonomy of an Epizoic Diatom. *Pacific Science*, 25: 357-367.

- Simonsen, R. 1970. Protoraphidaceae, Eine Neue Familie der Diatomeen. Nova Hedwigia, Beih., 31: 383-394.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V "Meteor" 1964-65. Meteor Forschungsergebnisse, Ser. D. Nº 19; 1-107.
- Voigt, M. 1958. Notes sur quelques diatomées appartenant au genre *Pseudohimantidium*. Vie et Milieu, 9: 53-57.
- Voigt, M. 1959. Nouvelle note concernant le genre *Pseudohimantidium*. Vie et Milieu, 10: 199-203.