

## *Gelidium sclerophyllum* (Gelidiales: Gelidiaceae) Evaluación de caracteres para la segregación intergenérica

Denís Rodríguez Vargas y Gerardo Rivas Lechuga

Laboratorio de Fisiología, A.P. 70-620, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510. E-mail: dcrv@hp.ciencias.unam.mx

(Rec. 18-X-1994. Rev. 25-I-1995. Acep. 20-VII-1995)

**Abstract:** Medullary structure and apical architecture characters of erect axes in *Gelidium* and *Pterocladia* have been proposed for a new intergeneric segregation. This paper analyzes these features in algae *Gelidium sclerophyllum*, a tropical species from the Mexican Pacific. The medullary structure was of the *Gelidium chilense* type but with different cellular size and terminal cellular thickness. During ontogenetic development the apical morphology present five stages from original sharp apex, common to all Gelidiales, to the bilobulate apex typical of adult stage of erect axes and branches in this species. The indeterminate growth axes show an oscillation of two morphological stages to originate a temporal gradient of in which the apex becomes flattened and lobulated. The differences in both characters show their potential to distinguish between genera.

**Key words:** *Gelidium*, Gelidiales, Rhodophyta, marine algae, taxonomy, morphology.

La arquitectura apical y la estructura medular de varias especies de algas de los géneros *Gelidium* y *Pterocladia* (Gelidiales: Rhodophyta) han sido estudiados como elemento de apoyo para la segregación genérica. Estudios recientes han mostrado 10 tipos morfológicos (Rodríguez & Santelices 1987), seis patrones de la estructura cistocárpica (Santelices 1991a, b) y seis patrones de la estructura medular (Rodríguez & Santelices 1992). La diversidad apical, cistocárpica y medular sugieren que *Gelidium* y *Pterocladia* están constituidos por un complejo arreglo de especies y géneros (Santelices 1991b).

Adicionalmente, se han realizado estudios sobre los cambios sucedidos en la morfología apical del desarrollo ontogenético de dos especies de *Gelidium* de la costa central de Chile; *G. chilense* y *G. rex* y se han observado diferentes morfologías apicales a lo largo del ciclo, vinculados con distintas etapas en el crecimiento de ejes y ramas. La secuencia de

formas observada para cada una de las especies es particular, en consecuencia con la distinta morfología apical típica de los ápices adultos presentada por cada una de las especies mencionadas, sugiriendo que la vía o plan de crecimiento es asimismo diferente en ambas (Rodríguez & Santelices 1993).

También ha sido informado que la morfología típica de ápices adultos a lo largo del ciclo estacional en las mismas especies sufre modificaciones específicas que dan cuenta de como se lleva a cabo el crecimiento después de haber alcanzado la morfología típica en cada una de las especies (Rodríguez & Santelices 1993).

Por otra parte, los seis patrones medulares han sido diferenciados tomando en consideración la apariencia general del tejido, la forma de las células medulares, y las eventuales modificaciones que estos dos elementos sufren durante el proceso de crecimiento desde el ápice hasta el subápice. Las especies tipo de cada patrón son *P. lucida* (Turner) J. Agardh;

*P. capillacea* (Gmelin) Borner. & Thuret; *G. robustum* (Gardner) Hollenberg & Abbot; *G. pristoides* (Turner) Kützing; *G. chilense* (Montagne) Santelices & Montalva y *G. coulteri* Harvey (Rodríguez & Santelices 1992).

Este trabajo se centra en una especie tropical no estudiada en detalle dentro del esquema anterior, *Gelidium sclerophyllum* Taylor (1945). Esta tiene un ápice bilobulado (según Rodríguez & Santelices 1988) para ejes adultos pero se desconocen las diferentes etapas que presenta durante el desarrollo. La médula de la especie es prácticamente desconocida, pero parece estar constituida por células tubulares semejantes a las de *Gelidium chilense* (Rodríguez & Santelices 1993).

*G. sclerophyllum* es una especie descrita originalmente para Bahía de San Francisco, Esmeraldas, Ecuador (Taylor 1945) y ha sido encontrada en el Golfo Dulce en Costa Rica (Dawson 1947) y el Salvador (Dawson 1961). En las costas del Pacífico Tropical Mexicano ha sido registrada para los estados de Guerrero, Jalisco y Nayarit (Rodríguez 1989; Serviere *et al.* 1993) y existe una sola mención para el norte del Golfo de California (Mendoza G. & Mateo C. 1986) que se sale de la distribución tropical de esta especie. Esta notable ampliación del límite norte de distribución de la especie puede ser explicada por las peculiaridades oceanográficas del Golfo en donde se registran incursiones estacionales de aguas cálidas provenientes de la corriente norecuatorial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron especímenes de *G. sclerophyllum* en mayo, septiembre y noviembre de 1992, y enero, mayo y agosto de 1993, en Playa Las Cuatas, Guerrero (17°39'53" N y 101°35'27" W). Todos fueron fijados con formaldehído al 4%. Posteriormente, se hicieron preparaciones semipermanentes con 50 fragmentos apicales enteros para observar la morfología apical de ejes y ramas de diferentes tallas y con 25 plantas completas, incluido el eje postrado, para observar ápices de ejes nuevos de diferentes edades. Además, se hicieron preparaciones del mismo tipo con cortes transversales, longitudinales y sagitales de 20-25 µm de grosor, hechos con microtomo de congelación, para elaborar una reconstrucción tridimensional del tejido medular.

## RESULTADOS

**Estructura medular:** Médula homogénea compuesta de filamentos celulares conectados linealmente en forma de I, o en ocasiones, en forma de Y, por los extremos de las células. Estos filamentos corren paralelos al eje principal de la fronda y se interconectan, generalmente, en forma de H por las partes medias de las células. En las porciones apicales, las células medulares son tubos cilíndricos o subcilíndricos que miden de 20-40 µm de longitud, 6-9 µm de ancho y 3-9 µm de grueso (Fig. 1A y 1C). En la porción subapical, las células medulares incrementan su tamaño de 70-100 µm de longitud, 6-13 µm de ancho y 6-12 µm de grueso (Fig. 1B y 1D) manteniendo la forma tubular. En ocasiones, dichos tubos celulares se adelgazan en algún punto de su longitud, dando a las células forma de tubos irregulares (Fig. 1B). El contenido celular es vacuolar, las vacuolas están en diferente cantidad y son de distintas dimensiones. Los filamentos rizoidales se presentan en abundancia en toda la médula formando paquetes densos (Fig. 1E).

**Arquitectura apical:** En primordios de ejes, surgiendo desde el eje postrado, se encontraron varias formas apicales. La primera (Etapa I) es un ápice subagudo donde la célula apical se encuentra enmascarada por el margen de células corticales en el que no se observa diferenciación celular (Fig. 2A). La etapa II presenta ya una célula apical muy evidente y se mantiene un margen cortical indiferenciado que ha tenido un crecimiento mayor que el de la célula apical, produciendo un ápice de redondeado a plano (Fig. 2B). La etapa III muestra el ápice con un ligero acorazonamiento que es producto de una acentuación del crecimiento del margen cortical, en el que ya se distinguen células laterales iniciales (Fig. 2C). Las siguientes etapas, IV y V, están caracterizadas por un incremento mayor del crecimiento marginal cortical, dando al final origen al ápice bilobulado, donde la célula apical se encuentra en medio de ambos lóbulos (Fig. 2D y 2E). Este es el ápice típico de esta especie, un ápice tipo G (Rodríguez & Santelices, 1988).

En ejes adultos fueron encontradas sólo las etapas IV y V, donde los ápices van de planos a bilobulados y viceversa, formando un gradiente de acorazonamiento y aplanamiento del ápice

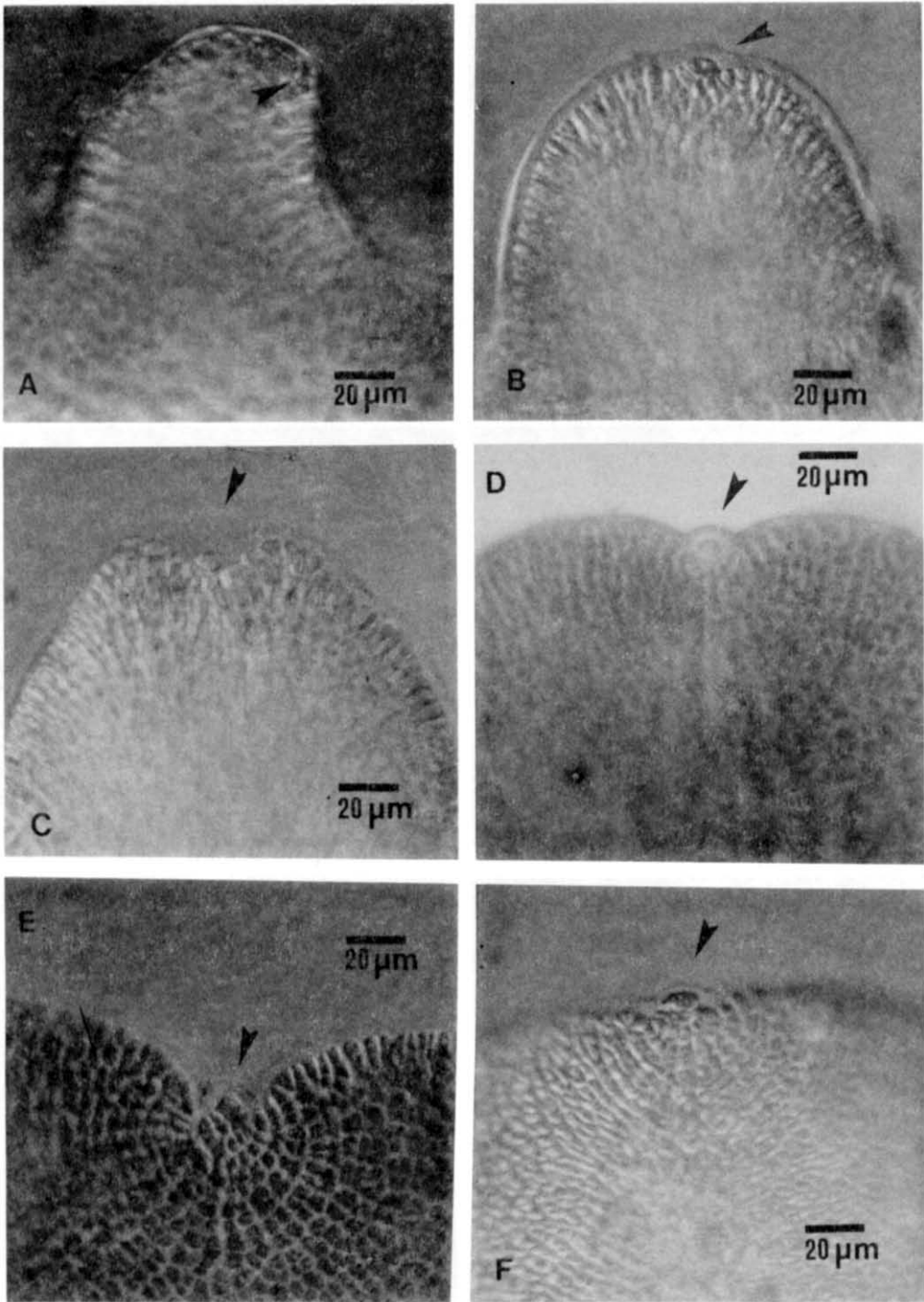
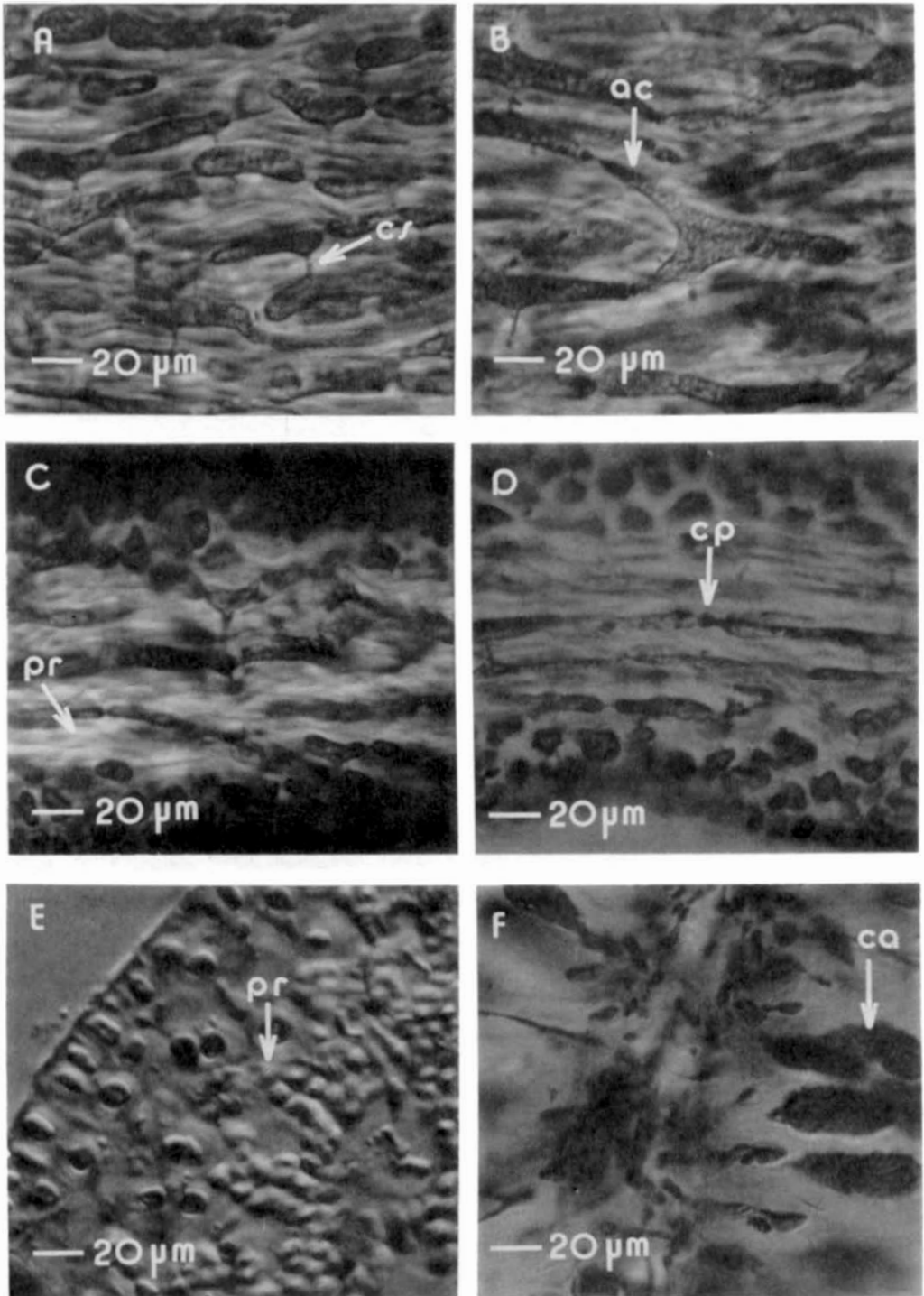


Fig. 1. Aspectos de la estructura medular en vista frontal (A-B) y en vista lateral (C-D).

A y C porción apical. B y D porción subapical. E ubicación de los filamentos rizoidales en corte transversal del eje. F carposporas en un cistocarpo bilocular. ac: adelgazamiento; ca: carposporas celular; cp: conexión intercelular primaria; cs: conexión intercelular secundaria; pr: paquetes de filamentos rizoidales.



**Fig. 2.** Morfología apical en las diferentes etapas del ciclo de desarrollo ontogenético (A-E). Las etapas de oscilación morfológica están representadas por las figuras E y F. Las flechas indican a la célula apical axial.

(Fig. 2E y 2F). Por el contrario, en las ramas y ápices en regeneración se observaron todas las etapas, incluida la inicial (Fig. 2C).

## DISCUSIÓN

La apariencia general del tejido medular de esta especie, más la forma y dimensiones de las células, así como la evolución que éstas presentan al crecer, desde la porción apical hacia la subapical, la hacen una médula correspondiente con el tipo *Gelidium chilense* según lo descrito por Rodríguez y Santelices (1992). La diferencia principal es el adelgazamiento parcial de los tubos celulares en la porción subapical. Este carácter puede ayudar a la separación en subgrupos dentro de dicho patrón, que es el que incluye a la mayoría de las especies de *Gelidium*, aun diferenciado sólo por los cistocarpos biloculares.

Las diferentes etapas morfológicas encontradas en los ápices de ejes erectos jóvenes y maduros y en ápices de ramas de *G. sclerophyllum*, sugieren que el mecanismo de construcción apical está basado en la alternancia entre el crecimiento lateral y el crecimiento apical, en donde sólo en la primera etapa existe predominancia del crecimiento producido por la célula apical, en tanto que en el resto, este crecimiento siempre va precedido del crecimiento lateral, ocasionando el progresivo lobulamiento del ápice. Durante el aplanamiento del margen apical que se produce en etapas sucesivas del desarrollo, se presenta crecimiento sólo a partir de la célula apical pero este nunca sobrepasa al lateral, por lo que no se presentan ápices tendiendo a la forma aguda en los ejes adultos. La alternancia de ápices planos y lobulados en ejes adultos sugiere que una vez establecido el ápice típico, el crecimiento se produce sin necesidad de recapitular el proceso arquitectónico completo. Por el contrario, el conjunto de etapas observadas en ejes en regeneración, indica que una vez lesionado el ápice, debe llevarse a cabo la integridad del proceso, a diferencia de lo que ocurre en otras especies en las que hay un mecanismo, aun no determinado, que evita la regresión a la etapa inicial (Rodríguez & Santelices 1993).

La alternancia del crecimiento apical y lateral también se presenta en *G. chilense* y *G. rex* (Rodríguez & Santelices 1993). No obstante,

en las especies anteriores la morfología del ápice es distinta entre sí y a la de *G. sclerophyllum*. La diferencia fundamental parece consistir de velocidades y ritmos diferenciales de alternancia entre el crecimiento apical y el crecimiento de las laterales que puede ocasionar el mantenimiento o la pérdida de la preponderancia apical. Lo anterior sugiere tres planes de construcción apical distintos. Dichos planes de crecimiento cobran relevancia taxonómica debido a su constancia espacio-temporal y su consecuente factibilidad de reconocimiento inmediato, pero sobre todo a que son compartidos por otras especies, formando de inmediato conjuntos supraespecíficos.

Las implicaciones de orden taxonómico que tienen las diferencias encontradas entre cada estructura medular y la arquitectura apical de *G. sclerophyllum* respecto de las otras especies estudiadas, aun no pueden ser determinadas. Es necesario ampliar el número de especies contempladas para establecer las relaciones cruzadas entre caracteres y así determinar su valor de segregación a los niveles correspondientes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Bernabé Santelices por la revisión crítica del manuscrito y sus valiosas sugerencias. Asimismo, dan las gracias a Michele Gold por sus comentarios y la traducción del resumen. El presente estudio fue financiado por DGAPA IN 205494 y la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los autores dan las gracias también a los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias.

## RESUMEN

La estructura medular y la arquitectura apical de ejes erectos en algas de los géneros *Gelidium* y *Pterocladia* han sido propuestos como caracteres útiles para la segregación intergenérica. En el presente estudio se analizan dichas características en *Gelidium sclerophyllum*, presente en el Pacífico tropical mexicano. La estructura medular resultó semejante al tipo de *Gelidium chilense*, distinguiéndose por las dimensiones celulares y por la presencia de adelgazamientos en las partes terminales de las células. Durante el desarrollo ontogenético del ápice se reconocen cinco etapas morfológicas, desde el ápice puntiagudo original y común a todas las Gelidiales, hasta el ápice bilobulado, típico de la etapa adulta de los ejes erectos y ramas de esta especie. En los ejes de crecimiento indeterminado se mantiene una

oscilación de dos formas apicales, produciendo un gradiente temporal de aplanamiento y acorazamiento del ápice. Las diferencias en ambas características confirman su potencial segregativo a nivel intergenérico.

## REFERENCIAS

- Dawson, E.Y. 1947. A guide to literature and distributions of marine algae of the Pacific coast of North America. Mem. S. Cal. Sc. 3: 1-134.
- Dawson, E.Y. 1961. A guide to literature and distributions of Pacific benthic algae from Alaska to the Galapagos Islands. Pac. Sci. 15: 370-461.
- Mendoza-González, A.C. & L.E. Mateo-Cid. 1986. Flora marina bentónica de la costa noroeste de la costa de Sonora, México. Phytologia 60: 414-427.
- Rodríguez, D. 1989. Gelidiales-Rhodophyta: una contribución a la flora tónica del Pacífico Tropical Mexicano. Propuesta teórico-metodológica a partir de la teoría de procesos alterados. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F. 397 p.
- Rodríguez, D., J. González-González & E. Serviere Zaragoza. 1993. Gelidiáceas (Rhodophyta) en el Pacífico Tropical, p. 445-455. In Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.) Biodiversidad Marina y Costera de México, Comisión Nacional para el uso y conservación de la Biodiversidad y Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, D.F.
- Rodríguez, D. & B. Santelices. 1987. Patterns of apical structure in the genera *Gelidium* and *Pterocladia* (Gelidiaceae-Rhodophyta). Hydrobiologia 151/152: 199-203.
- Rodríguez, D. & B. Santelices. 1988. Separation of *Gelidium* and *Pterocladia* on vegetative characters. In Abbot, I.A. (ed.) Taxonomy of economic seaweed with reference to some Pacific and Caribbean species. California Sea Grant College Program. La Jolla, California 2: 115-125.
- Rodríguez, D. & B. Santelices. 1992. Variations in medullary structure in species of *Gelidium* and *Pterocladia* (Gelidiales, Rhodophyta). XIVth International Seaweed Symposium. Brest, Francia.
- Rodríguez, D. & B. Santelices. 1995. Separation of *Gelidium* and *Pterocladia* on vegetative characters. In I.A. Abbot (ed.) Temporal variation of the apical architecture of two species of *Gelidium* from Central Chile. California Sea Grant College Program. La Jolla, California 5: 147-159.
- Santelices, B. 1991a. Variations in cystocarp structure in *Pterocladia* Gelidiales (Rhodophyta). Pac. Sci. 45: 1-11.
- Santelices, B. 1991b. Intrageneric differences in cystocarpic structure in *Gelidium* and *Pterocladia*. Hydrobiologia 221: 1-17.
- Serviere Zaragoza E., D. Rodríguez & J. González González. 1993. Gelidiaceae (Rhodophyta) in Bahía de Banderas, Western Pacific Mexico. Hydrobiologia 260/261: 45-50.
- Taylor, W. R. 1945. Pacific marine algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands. Allan Hancock Pac. Exp. 12: 1-528.