



Morfometría de cuatro especies del complejo *Laurencia* Lamouroux (Rhodomelaceae: Ceramiales) en la plataforma noroccidental cubana
Morphometry of four species of Laurencia Lamouroux complex (Rhodomelaceae: Ceramiales) in the northwestern Cuban shelf

Gema Hidalgo*, Arsenio José Areces*, Jesús Eladio Sánchez**, Dulce María Pérez*

* Instituto de Oceanología. Ave. 1ra, No. 18406, entre 184 y 186. Flores, Playa, La Habana, Cuba.
gema@oceano.inf.cu, gemahidrod@gmail.com

** Instituto de Cibernética, Matemática y Física. Calle 15, No. 551 entre C y D. Vedado, Plaza, La Habana, Cuba.

AGRADECIMIENTOS

A la Red Latinoamericana de Botánica, bajo cuyo patrocinio se llevó a cabo el proyecto *BINAC-4*: "Estudio del complejo *Laurencia* en el Caribe Occidental", del cual estos resultados formaron parte.

Resumen

A partir de doce descriptores macroanatómicos, algunos de ellos de tipo merístico, fue analizada la posibilidad de segregar entre sí a cuatro especies del complejo *Laurencia* Lamouroux *sensu lato* presentes en la plataforma insular cubana mediante la utilización de estadística descriptiva, el coeficiente de correlación lineal de Pearson y tres técnicas multivariadas: Análisis de Agrupamiento en K-medias, Análisis Canónico y Análisis Discriminante. La densidad de ramificación constituyó un elemento notorio para el registro de variaciones poblacionales, así como en la diferenciación del hábito de estas especies. La correspondencia entre la formación de grupos y la identidad taxonómica solo se logró cuando en el agrupamiento inciden, además de los descriptores relacionados con la densidad de ramificación, aquellos que pongan de manifiesto la conformación espacial de la especie. Aunque se evidenció la naturaleza simpátrica de *Yuzurua poiteaui* var. *gemmifera* y *Laurencia intricata* mediante estos descriptores, el Análisis Discriminante permitió obtener una función capaz de segregar de manera estadísticamente significativa a los ejemplares de ambas especies, sin necesidad de recurrir al uso de otros elementos anatómicos.

Abstract

It was assessed the possibility of segregating four species of the *Laurencia* Lamouroux *sensu lato* complex present in the Cuban shelf, using twelve macro-anatomic descriptors, some of them of meristic type, and applying descriptive statistics, the Pearson linear correlation coefficient and three multivariate techniques: K-means Clustering, Canonical Analysis and Discriminant Function Analysis. The ramification density was a notorious element to register population variations, as well as the differentiation of the habit of these species. The correspondence between group formation and taxonomic identity was only achieved when the grouping was influenced by the descriptors related to ramification density and those that show the species' spatial conformation. Although the sympatric nature of *Yuzurua poiteaui* var. *gemmifera* and *Laurencia intricata* was evidenced by these descriptors, the Discriminant Analysis allowed obtaining a function able to significantly segregate both species, from the statistics point of view, without needing to consider other anatomical elements.

Palabras claves: macroalgas, complejo *Laurencia*, morfometría, análisis multivariado.

Keywords: macroalgae, *Laurencia* complex, morphometry, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

El complejo *Laurencia* Lamouroux *sensu lato*, de reconocida dificultad taxonómica (Saito, 1969a), está integrado por 196 especies (Guiry & Guiry, 2012). Para el Atlántico occidental tropical y subtropical, Wynne (2011) refiere 35 especies distribuidas entre cinco géneros. La naturaleza simpátrica de varias de estas especies (Fujii *et al.*, 1996; Nam & Saito, 1991, 1995), aunado a la amplia distribución de algunas, la notable plasticidad morfológica que presentan otras

(Cribb, 1958, 1983) y la conexidad que casi todas muestran entre anatomía y marco ambiental (Yamada, 1931; Yoneshigue, 1985), ha complicado la delineación de sus integrantes dando lugar a confusión en cuanto a la clasificación, sinonimia y nomenclatura de este polimórfico complejo taxonómico (Yamada, 1931; Saito, 1967, 1969a, 1969b; Saito & Womersley, 1974; McDermid, 1988; Calumpong, 1989; Fuji, 1990; 1998).

A partir de la tercera década del siglo XX, los descriptores morfológicos utilizados para la delineación taxonómica del complejo a distintos niveles se diversificaron con rapidez. Cualquier compilación bibliográfica eleva en la actualidad a más de 60 los caracteres usados con fines comparativos o para la identificación de especies (Areces & Senties, 2002). De ellos, apenas 26 son discernibles a simple vista o con poco aumento. La apreciación personal ha sido determinante en no pocos de estos 26 caracteres y por lo general su análisis se ha efectuado de manera poco correlacionada entre sí.

En el devenir de la sistemática del complejo se evidencia asimismo, la pérdida en la importancia relativa de casi todos los atributos macroscópicos tradicionales con relación a los descriptores microanatómicos. Por ello, de los 25 caracteres que algunos autores estiman como esenciales para un diagnóstico a nivel específico (Masuda, 1997a; Masuda & Suzuki, 1997), no menos de doce requieren del uso de un microscopio biológico, así como de un alto grado de especialización por parte del observador. Además, de los trece descriptores restantes, de tipo macroanatómico, apenas uno, el sistema de fijación, ha sido considerado de primordial importancia (Masuda & Suzuki, 1997) por su relativa constancia (Maggs & Hommersand, 1993; Masuda & Abe, 1993). Actualmente, el empleo de diversos marcadores moleculares como técnicas de rutina (Díaz-Larrea *et al.*, 2007; Cassano *et al.*, 2009; Mendoza-González *et al.*, 2011) confirma la escasa consistencia de muchos de los descriptores morfológicos tradicionalmente considerados en el estudio de este complejo y la necesidad de reafirmar, mediante biología molecular, el diagnóstico efectuado usando incluso los más fiables.

El análisis morfométrico como alternativa para el estudio taxonómico de la ficoflora, a pesar de haber sido considerado sugerente ya desde los primeros años de la pasada década, y de brindar algunos resultados interesantes (Kraan *et al.*, 2001; Krellwitz *et al.*, 2001; Hubbard & Garbary, 2002; de Senerpont Domis *et al.*, 2003; Haywood *et al.*, 2004; Murray *et al.*, 2004; Verbruggen *et al.*, 2005), ha tenido una limitada difusión puesto que se asume que las macroalgas expresan una elevada plasticidad morfológica y una gran variabilidad estocástica en sus estructuras y patrones de ramificación (Verbruggen *et al.*, 2005).

En el presente estudio se analiza, a escala macroanatómica, la utilidad de algunos descriptores morfométricos para segregar poblaciones de representantes de este complejo en la plataforma insular cubana, incluso con una conformación vegetativa aparentemente similar, y caracterizar diferentes ecotipos mediante métodos multivariados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se llevó a cabo con doce descriptores, algunos de ellos de carácter merístico, seleccionados de acuerdo a dos criterios, sencillez e influencia mínima del subjetivismo personal en su determinación:

1. Número de ramas columniformes (NoRCo)
2. Número de ejes principales (NoEPr)
3. Diámetro promedio del eje principal mayor basado en tres registros: a nivel basal, medio y apical de la planta (DiaPEPr)
4. Largo máximo de los ejes principales (LmáxEPr)
5. Largo promedio de las ramas de primer orden del eje principal mayor (LPR1Or)
6. Largo máximo de las ramas de primer orden del eje principal mayor (LmáxR1Or)
7. Número de ramas de primer orden del eje principal mayor (NoR1Or)

8. Número de ramas de segundo orden del eje principal mayor (NoR2Or)
9. Número de ramas de tercer orden del eje principal mayor (NoR3Or)
10. Número de ramas de primer orden menores de 1 cm en el eje principal mayor (NoR1Or-1)
11. Número de ramas de segundo orden en la mayor rama de primer orden del eje principal mayor (NoR2OrL)
12. Número de ramas de tercer orden en la mayor rama de primer orden del eje principal mayor (NoR3OrL)

Los doce descriptores anteriores se evaluaron en un total de 50 ejemplares correspondientes a cuatro especies dominantes en la plataforma insular cubana. Entre aquellas de hábito originalmente erecto, pero que suele tornarse decumbente en algún momento de su desarrollo vegetativo, se seleccionó a *Yuzurua poiteaui* var. *gemmifera* (Harvey) M. J. Wynne y a *Laurencia intricata* J. V. Lamouroux. Como representantes de las especies con hábito siempre erecto, se consideró a *Laurencia obtusa* (Hudson) J. V. Lamouroux y a dos ecotipos de *Palisada perforata* (Bory de Saint-Vincent) K. W. Nam.

El ecotipo de *P. perforata*, con especímenes pequeños de apariencia cespitosa, propio del piso mesolitoral rocoso desguarnecido, se recolectó en Celimar, localidad situada aproximadamente a 15 km al E de La Habana (Tabla 1). El otro, integrado por ejemplares mucho más grandes y ramificados, común en sublitorales someros, se recolectó en las inmediaciones del poblado de Jaimanitas al W de La Habana, en un rango de profundidad comprendido entre 0,5 a 1 m. A dicha profundidad también fueron obtenidos los ejemplares de *Y. poiteaui* var. *gemmifera* y *L. intricata*, en ambos casos de una ensenada bordeada por manglares, con fondo fango arenoso y una cobertura vegetal densa, en el lugar conocido por Bajo de Santa Ana, a 5 km aproximadamente al W de Jaimanitas. Todos los ejemplares de *L. obtusa* se extrajeron de crestas rocosas muy cercanas al límite inferior de la bajamar, también cerca del poblado de Jaimanitas.

Tabla 1. Especies utilizadas en el análisis de 12 descriptores macroanatómicos.
Table 1. Species used for the analysis of twelve macro-anatomic descriptors.

Especie	Sitio de muestreo	Fecha de muestreo
<i>L. intricata</i>	23°03'36"N 82°32'00"W (Bajo de Santa Ana, La Habana)	23/02/01
<i>Y. poiteaui</i> var. <i>gemmifera</i>	23°03'36"N 82°32'00"W (Bajo de Santa Ana, La Habana)	23/02/01
<i>L. obtusa</i>	23°05'36"N 82°29'12"W (Jaimanitas, La Habana)	5/04/01
<i>P. perforata</i>	23°05'36"N 82°29'12"W (Jaimanitas, La Habana)	6/06/99
	23°10'48"N 82°14'12"W (Celimar, La Habana)	18/02/00

Los especímenes se recolectaron directamente o mediante inmersión en apnea y de manera no aleatoria. Para su extracción y almacenamiento se usó cuchillo o espátula y bolsas de muestreo. De cada especie o ecotipo se obtuvieron diez ejemplares de distinto tamaño y configuración, con el fin de incluir todas las variaciones estructurales posibles. Inmediatamente después de ser recolectados, estos se fijaron con formalina al 5% en agua de mar neutralizada con tetraborato de sodio. En el procesamiento ulterior de las muestras y su etiquetado se siguieron las recomendaciones metodológicas sugeridas por Ramírez (1995).

Las mediciones se expresaron en milímetros y fueron realizadas con un microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi 2000-C o, cuando fue posible, mediante regla graduada con un

error de apreciación de 1 mm.

El procesamiento numérico de la información se efectuó mediante la estimación de parámetros clásicos de la estadística descriptiva: media, desviación estándar y coeficiente de variación (Daniel, 1996). Para evaluar interrelaciones entre descriptores y ponderar su importancia relativa como elementos de diferenciación, se aplicó el Coeficiente de correlación lineal de Pearson (Daniel, 1996), y las siguientes técnicas multivariadas: Análisis de agrupamiento en K-medias (McQueen, 1967), Análisis Canónico y Análisis Discriminante (Johnson, 1998). Todas las pruebas de significación se hicieron utilizando $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Los coeficientes de variación (CV) de los doce descriptores considerados en el análisis morfológico de *Y. poiteaui* var. *gemmifera*, *L. intricata*, *P. perforata* y *L. obtusa* fluctuaron entre 1,2% y 316,2% (Tabla 2). Algunos descriptores mostraron una alta frecuencia de aparición en alguno de los dos grupos formados por los tres valores menores y mayores de los CV asociados a cada especie (Tabla 2). Tal es el caso del número de ramas de tercer orden en la mayor rama de primer orden del eje principal mayor (NoR3OrL), que con excepción del ecotipo de *P. perforata* propio del piso mesolitoral, aparece casi siempre con el CV mayor. Lo sigue el número de ramas de tercer orden del eje principal mayor (NoR3Or) y el número de ramas de primer orden menores de 1 cm en el eje principal mayor (NoR1Or-1). Entre los descriptores de menor variabilidad, tres fueron medibles. De ellos, el diámetro promedio del eje principal mayor (DiaPEPr), y el largo máximo de los ejes principales (LmáxEPr) aparecieron con mayor frecuencia en las especies analizadas (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución por especie de los tres valores máximos y mínimos del CV (%) correspondiente a doce variables macroanatómicas (N = 10). En negrita las variables de aparición más frecuente.

Table 2. Distribution by species of the three maximum and minimum values of CV (%) for twelve macro-anatomic variables (N = 10). In bold the variables of more frequent occurrence.

Especie	Descriptores con valores máximos			Descriptores con valores mínimos		
<i>P. perforata</i>	NoR3OrL 148,9	NoR1Or-1 148,3	NoR3Or 127,9	DiaPEPr 15,5	LmáxEPr 34,9	LPR1Or 40,0
<i>P. perforata</i> (mesolitoral)	NoR2Or 316,2	NoRCo 129,3	NoR1Or-1 75,8	DiaPEPr 13,9	LmáxEPr 37,4	NoEPr 48,4
<i>Yuzurua poiteaui</i> var. <i>gemmifera</i>	NoR3OrL 121,5	NoR3Or 105,5	NoR1Or-1 51,7	DiaPEPr 13,4	LmáxEPr 22,9	NoR1Or 25,6
<i>L. intricata</i>	NoRCo 107,6	NoR3Or 104,0	NoR3OrL 95,2	DiaPEPr 11,58	LPR1Or 27,57	NoR1Or-1 28,9
<i>L. obtusa</i>	NoR3OrL 109,9	NoR2Or 83,2	LmáxR1Or 81,2	NoR3Or 1,2	DiaPEPr 11,6	NoR2OrL 36,0

El número de ramas de segundo orden en la mayor rama de primer orden del eje principal mayor (NoR2OrL) y el número de ramas de segundo orden del eje principal mayor (NoR2Or) correlacionaron de manera estadísticamente significativa con casi todos los descriptores restantes (Tabla 3). Otro descriptor estrechamente vinculado a los anteriores, el número de ramas de primer orden del eje principal mayor (NoR1Or), también lo hizo con 8 de ellos y tanto el largo máximo de los ejes principales (LmáxEPr), como el largo máximo de las ramas de primer orden del eje principal mayor (LmáxR1Or) lo hicieron a su vez con 7 descriptores.

Tabla 3. Correlaciones significativas ($p < 0,05$) entre doce variables morfométricas cuantificadas en cuatro especies del complejo *Laurencia*.

Table 3. Significant correlations ($p < 0.05$) among twelve morphometric variables determined in four species of the *Laurencia* complex.

NoRCo	NoEPr	LmáxEPr	DiaPEPr	NoR1Or	LPR1Or	NoR1Or-1	LmáxR1Or	NoR2Or	NoR3Or	NoR2OrL	NoR3OrL	
1,000			,434		,315	-,362		-,311		-,342	NoRCo	
	1,000	-,458		-,476	-,419		-,434	-,318		-,513	NoEPr	
		1,000	,452	,621	,676		,857	,376		,427	LmáxEPr	
			1,000		,693		,451				DiaPEPr	
				1,000		,781	,600	,830	,495	,785	,530	NoR1Or
					1,000		,784			,279		LPR1Or
						1,000		,726	,549	,625	,610	NoR1Or-1
							1,000	,475		,589		LmáxR1Or
								1,000	,795	,776	,772	NoR2Or
									1,000	,424	,892	NoR3Or
										1,000	,603	NoR2OrL
											1,000	NoR3OrL

No todos los descriptores analizados influyeron de modo determinante en el agrupamiento no jerarquizado de los 50 ejemplares según la técnica de K-medias. Solo NoR1Or ($F = 12,78$, $p < 0,01$), NoR1Or-1 ($F = 7,43$, $p < 0,01$), NoR2Or ($F = 68,96$, $p < 0,01$), NoR3Or ($F = 121,47$, $p < 0,01$), NoR2OrL ($F = 20,81$, $p < 0,01$) y NoR3OrL ($F = 26,01$, $p < 0,01$) constituyeron los de mayor incidencia en la formación de los cuatro grupos establecidos. De ellas, el NoR2Or, el NoR3Or y en menor escala el NoR3OrL presentaron las mayores diferencias entre grupos (Fig. 1).

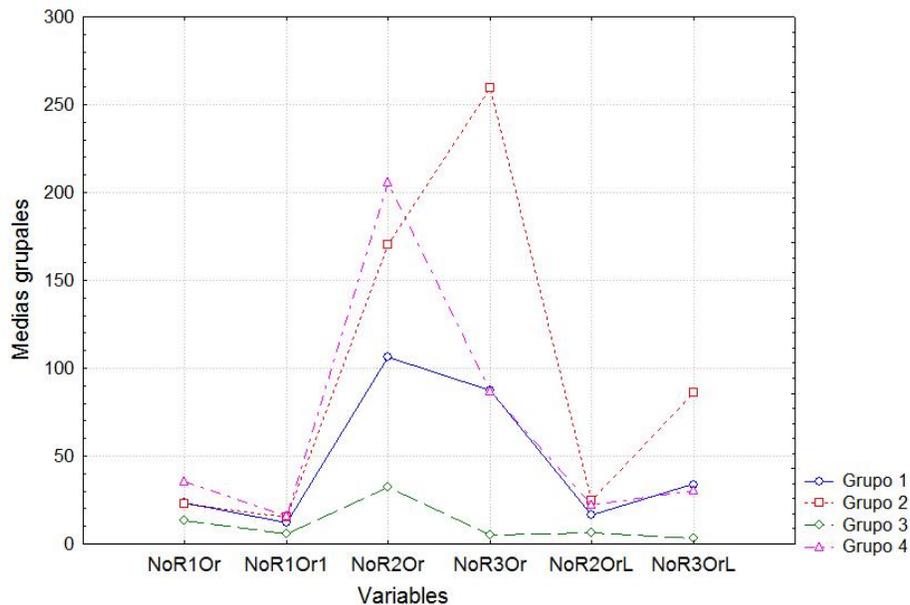


Figura 1. Influencia de los principales descriptores que distinguen a los cuatro grupos establecidos mediante un análisis de K-medias.

Figure 1. Influence of the main descriptors that distinguish the four clusters established by K-means Clustering analysis.

Los tres ejes canónicos significativos explicaron el 98% de la varianza total. Los descriptores con mayores coeficientes de carga en el primero de ellos, que explicó el 52% de la varianza, fueron el largo máximo de los ejes principales (LmáxEPr), representativo del tamaño de la planta y el largo promedio de las ramas de primer orden del eje principal mayor (LPR1Or), que cuando se asocia a la variable anterior es representativa de su conformación espacial, ambas con coeficientes de signo negativo. En el segundo eje, que explicó un 33% de la varianza total, aparecen el número de ramas de primer orden del eje principal mayor (NoR1Or), con coeficiente de signo positivo y el número de ejes principales (NoEPr), en este caso de coeficiente negativo. En el tercer eje canónico, que explica apenas un 13% de la misma, solo aparece el diámetro promedio del eje principal mayor (DiaPEPr) con un coeficiente de carga positivo y mayor que los restantes.

La dispersión de los individuos en el plano factorial formado por los dos primeros ejes canónicos, permite apreciar la agregación de los mismos en subconjuntos con un origen taxonómico común (Fig. 2). Este hecho también se vislumbra con claridad cuando se observa la distribución de las medias grupales en el espacio tridimensional definido por los tres ejes canónicos significativos (Fig. 3). En correspondencia con la superposición espacial que muestran los individuos de *L. intricata* y *Y. poiteaui* var. *gemmaifera* (Fig. 2), la ubicación de sus medias respectivas es muy similar (Fig. 3). Por el contrario, casi todos los especímenes de *L. obtusa* y los pertenecientes a los ecotipos de *P. perforata*, cuyos ejemplares se agrupan de manera independiente, poseen medias bien diferenciadas en el espacio vectorial.

Se decidió hacer un análisis discriminante para comprobar, en particular, la posible diferenciación entre las especies *L. intricata* y *Y. poiteaui* var. *gemmaifera*, que no se separaron en el análisis canónico (Fig. 2). El análisis discriminante permitió identificar a las dos especies mediante la cuantificación de nueve descriptores, con el 100% de reclasificación (Tabla 5).

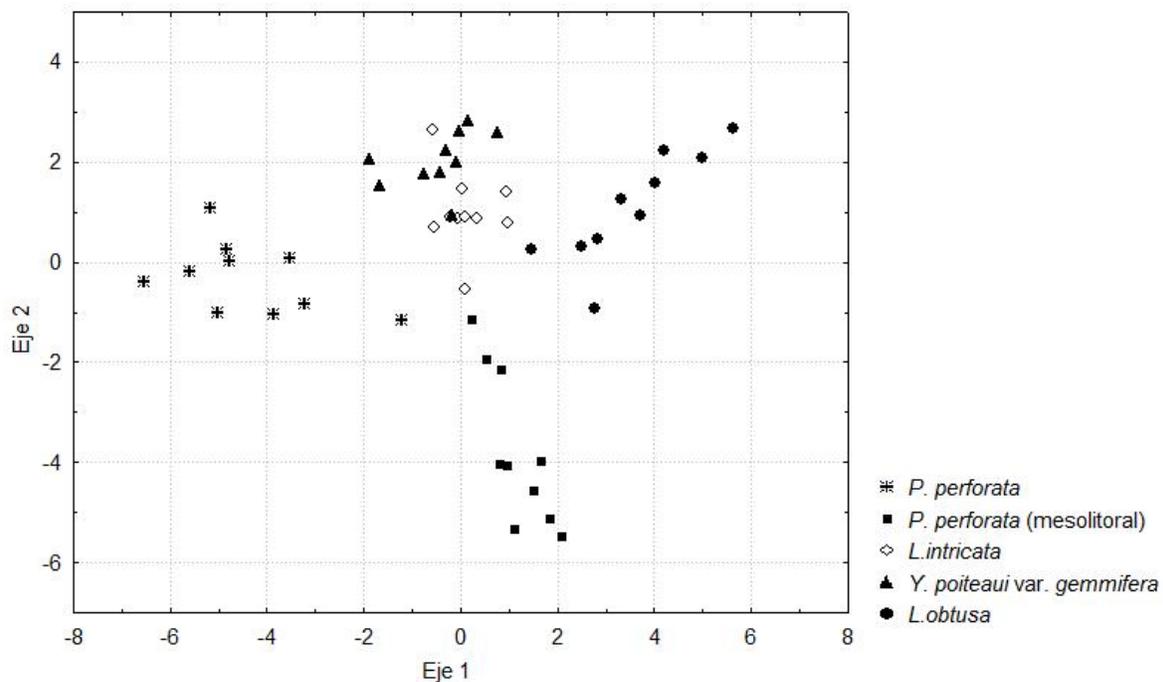


Figura 2. Distribución de los ejemplares en el plano factorial según los dos primeros ejes canónicos.
Figure 2. Distribution of specimens on the factorial plane according to the two first canonical axes.

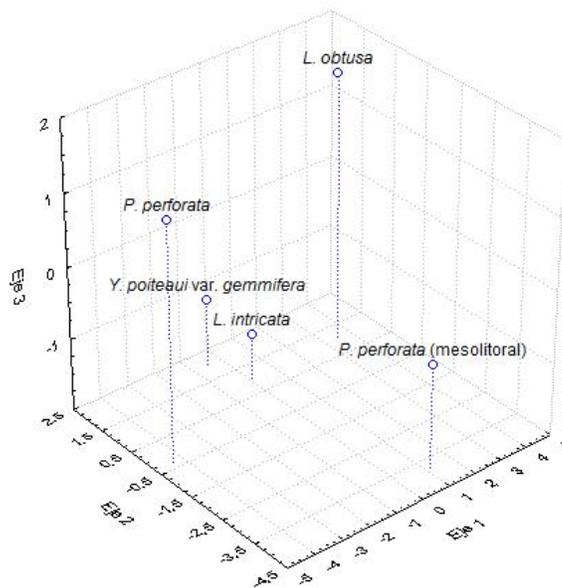


Figura 3. Distribución de las medias grupales en el espacio formado por los tres ejes canónicos significativos.

Figure 3. Distribution of cluster means in the space formed by the three significant canonical axes.

Tabla 5. Coeficientes de las funciones discriminantes lineales [λ de Wilks = 0,198; $F(9, 10) \approx 4,49$, $p < 0.02$] para la clasificación de ejemplares de *L. intricata* y *Y. poiteaui* var. *gemmifera* mediante nueve descriptores macroanatómicos.

Table 5. Coefficients of the linear discriminant functions [Wilks' Lambda = 0.198; $F(9, 10) \approx 4.49$, $p < 0.02$] for classification of specimens of *L. intricata* and *Y. poiteaui* var. *gemmifera* using nine macro-anatomic descriptors.

Descriptores	Especies	
	<i>Y. poiteaui</i> var. <i>gemmifera</i>	<i>L. intricata</i>
NoEPr	- 2,09	- 4,52
LmáxEPr	- 4,9	- 9,80
DiaPEPr	91,00	91,24
NoR1Or	3,56	7,02
LPR1Or	1,26	1,61
NoR1Or-1	- 3,89	- 6,13
LmáxR1Or	- 0,37	4,46
NoR2Or	- 0,12	- 0,28
NoR2OrL	0,95	0,92
Intercepto	- 55,79	- 86,40

DISCUSIÓN

Según Senties & Fujii (2002), la altura y el diámetro del talo constituyen caracteres con alta variabilidad y por ello de limitada utilidad para la delimitación específica. Sin embargo, Masuda (1997a) le atribuye importancia al tamaño ya que este se usa habitualmente para describir cualquier especie. El hecho de que tanto el largo máximo como el diámetro promedio de los ejes hayan resultado en este caso los de menor variación, refleja lo relativo de la observación anatómica y su dependencia del marco experimental establecido de antemano.

Aun cuando no hubo una notable diferencia en la talla de los ejemplares analizados por especie, la elevada variabilidad registrada en los descriptores NoR3OrL, NoR3Or y NoR1Or-1, pudiera resultar un indicio de la potencialidad que estos poseen para distinguir a escala poblacional peculiaridades en cuanto a ritmo de crecimiento y desarrollo vegetativo.

Las correlaciones observadas ponen de manifiesto dos aspectos: la importancia de la ramificación de segundo orden en la caracterización de la arquitectura de estas cuatro especies y la vinculación que tienen casi todos los descriptores analizados con el desarrollo vegetativo de la planta. La interdependencia negativa que algunos de ellos muestran con respecto al número de ejes principales (NoEPr) y al número de ramas columniformes (NoRCo) -o ejes primarios todavía sin ramas diferenciadas- pudiera también denotar un crecimiento basado en el surgimiento inicial de los ejes principales y su crecimiento ulterior, en lugar de una continuada formación de estos.

La aplicación de la técnica de K-medias evidenció que tres de los grupos formados estuvieron integrados por individuos de al menos dos especies, lo cual demuestra una falta de correspondencia entre agrupamiento e identidad taxonómica en los ejemplares que los conformaron. Esta correspondencia pudo constatarse únicamente en el cuarto grupo, integrado por 19 ejemplares de *P. perforata*, de los 20 posibles. De este modo, se evidencia que cuando en la segregación intervienen las variables anteriores, ni siquiera las diferencias en cuanto a tamaño y compactación generadas por variaciones del hábitat enmascaran la identidad taxonómica de *P. perforata* con respecto a las otras tres especies. El hecho está asociado a la particular constitución de su talo, caracterizado por el revestimiento y la agregación de ramas de segundo o más órdenes en posición terminal, fenómeno únicamente observado en especies como *Palisada intermedia* (Yamada) K. W. Nam, *Ch. cartilagineus* (Yamada) Garbary y J. T. Harper, *Ch. carolinensis* (Y. Saito) K. W. Nam, *Laurencia snyderae* E. Y. Dawson, *L. similis* Nam y Saito y *Palisada maris-rubri* (K. W. Nam y Saito) K. W. Nam, ninguna de ellas registradas aún en el Caribe occidental.

Por otra parte, el análisis canónico de los datos puso de manifiesto que para que tenga lugar en el plano factorial la formación de grupos independientes con un origen taxonómico común, deben ser incluidos otros descriptores asociados al tamaño y al contorno del hábito, que pongan de manifiesto su conformación vegetativa. Al igual que lo que ocurrió entre *Laurencia gemmifera* Harvey y *L. poiteaui* (J. V. Lamouroux) Howe (Fujii *et al.*, 1996), antes de ser delimitadas como *Chondrophyucus gemmiferus* (Harvey) Garbary *et J. Harper* y *C. poiteaui* (J. V. Lamouroux) K. W. Nam (Nam, 1999), colocadas en sinonimia bajo el epíteto de *C. poiteaui* (J. V. Lamouroux) M. Howe var. *gemmaferus* (Harvey) Senties, Fujii *et Díaz* (Díaz-Larrea *et al.*, 2007), posteriormente propuestas como *Palisada poiteaui* (J. V. Lamouroux) K. W. Nam var. *gemmaferus* (Harvey) Senties, Fujii *et Díaz* (Senties & Díaz-Larrea, 2008) y más recientemente como *Yuzurua poiteaui* var. *gemmaferus* (Harvey) M. J. Wynne (Martin-Lescanne *et al.*, 2010), se hace evidente la naturaleza simpátrica de *L. intricata* y *Y. poiteaui* var. *gemmaferus*, al menos en determinadas etapas de su ciclo vegetativo.

Aunque ambas especies suelen diferenciarse con relativa facilidad al microscopio, para ello es necesario disponer o bien de especímenes frescos con el fin de verificar la existencia de cuerpos en cereza en las células corticales, o bien de ejemplares esporulados para determinar el tipo de arreglo de los tetrasporangios en el estiquidio. Sin esta posibilidad, con excepción de la

comprobación de proyecciones apicales en las células corticales que revisten la depresión apical, la experiencia manual es decisiva en la observación de otros elementos diferenciales como el número de células pericentrales y el tamaño de las mismas con relación a las células medulares adyacentes.

El empleo de atributos macroanatómicos de índole vegetativa para la diferenciación taxonómica se ha basado tradicionalmente en el tipo de ramificación (Yamada, 1931; Saito & Womersley, 1974), el carácter percurrente o no de los ejes principales (Yamada, 1931; McDermid, 1988; Fujii, 1990), su naturaleza postrada o erecta y coalescencia (Cordeiro-Marino & Fujii, 1985; Boisset & Lino, 1998; Senties & Fujii, 2002) así como el grado de compresión del talo (Saito, 1969a; McDermid, 1988; Senties & Fujii, 2002). En las especies del complejo *Laurencia* se conocen cuatro tipos básicos en el patrón de ramificación: dístico, unilateral, espiralado y verticilado (Masuda, 1997b) y en no pocas de ellas más de un tipo coincide en diferentes partes del talo complicando su caracterización estructural.

La utilización de descriptores macroanatómicos diferentes para la identificación puede ser eficaz aún entre especies simpátricas. Se logró el 100% de buena clasificación (reclasificación) en el análisis discriminante que se realizó para las especies *Y. poiteau* var. *gemma* y *L. intricata*, aunque solo cuando se incorporaron al análisis todos los descriptores cuantitativos. Este hecho demuestra la importancia que algunos de ellos adquieren para la caracterización de la arquitectura vegetal, aun cuando la comparación se efectúe entre especies casi equivalentes desde un punto de vista estructural.

Así, cuando se interrelacionan descriptores macroanatómicos representativos de la conformación espacial del talo y de la densidad de ramificación mediante técnicas de análisis multivariado, puede ser posible soslayar o al menos minimizar el proceso de comparación y comprobación basado en el uso de elementos microanatómicos, muy en boga en la actualidad para la taxonomía del grupo, pero que requiere de un personal especializado no siempre existente o se supedita a estructuras muy dependientes de la apreciación personal. Aunque no debe sobreestimarse ni el valor descriptivo de variables de esta índole, ni la efectividad de las técnicas multivariadas para disminuir el subjetivismo tanto en la jerarquización y ponderación de estos descriptores como en la formación de grupos basados en ellos, la búsqueda de nuevas vías y elementos de identificación entre especies con tanta plasticidad morfológica por rutas tan poco tradicionales como esta, merece ser tenida más en cuenta. Al menos como una guía para seleccionar los descriptores macroanatómicos más fiables, particularmente cuando no sea posible disponer de métodos basados en marcadores moleculares.

CONCLUSIONES

El número de ramas de tercer orden en la mayor rama de primer orden del eje principal mayor (NoR3OrL), el número de ramas de tercer orden en el eje principal mayor (NoR3Or) y el número de ramas de primer orden menores de 1 cm (NoR1Or-1), por su elevada variabilidad intraespecífica, pueden ser útiles para detectar diferencias morfológicas de estas especies a nivel poblacional, atribuibles a cambios en la tasa de crecimiento.

La ramificación de segundo orden (NoR2OrL y NoR2Or) es en apariencia un elemento esencial en la conformación estructural de estas cuatro especies, pero su interdependencia con casi todos los descriptores analizados limita su utilidad para la diferenciación de las mismas.

Palisada perforata, aun con diferentes ecotipos, puede ser individualizada de las otras especies teniendo en cuenta la densidad de ramificación de primero, segundo y tercer órdenes.

La correspondencia entre la formación de grupos y la identidad taxonómica solo se logra cuando en el agrupamiento inciden descriptores asociados al tamaño y al contorno del hábito, que ponen de manifiesto la conformación espacial de cada especie (LmáxEPr, LPR1Or, NoR1Or, NoEPr y DiaPEPr).



La naturaleza simpátrica de *Y. poiteau* var. *gemma* y *L. intricata* es evidente cuando ambas especies se caracterizan a partir de estos descriptores. Aun así, los mismos son suficientes para permitir, de una manera estadísticamente significativa, la segregación por especie de los ejemplares evaluados mediante Análisis Discriminante.

BIBLIOGRAFÍA

- Areces, A. J. & Sentíes, A. (2002). El complejo Laurencia Lamouroux (Ceramiales, Rhodophyta) en el Caribe Occidental. RED LATINOAMERICANA DE BOTÁNICA. Inédito, Arch. Cient. Inst. Oceanol., Cuba.
- Boisset, F. & Lino, J. C. (1998). Laurencia epiphylla sp. nov. (Ceramiales, Rhodophyta) from the Mediterranean Sea. *Cryptogamie, Algol.* 19(3) 213-222.
- Calumpang, H. P. (1989). Systematic studies on the red algal genus Laurencia (Ceramiales: Rhodomelaceae) in the Philippines. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley
- Cassano, V., Díaz-Larrea, J., Sentíes, A., Oliveira, M., Gil-Rodríguez, M. C. & Fujii, M. T. (2009). Evidence for the conspecificity of Palisada papillosa with P. perforata (Ceramiales, Rhodophyta) from the western and eastern Atlantic Ocean on the basis of morphological and molecular analyses, *Phycologia*, 48(2) 86-100.
- Cordeiro-Marino, M. & Fujii, T. M. (1985). Laurencia catarinensis (Rhodomelaceae, Rhodophyta), a new species from Ilha de Santa Catarina, Brazil. *Rev. Brasil. Bot.* 8, 47-53.
- Cribb, A. B. (1958). Records of marine algae from south-eastern Queensland III. Laurencia Lamx. Pap. Dep. Bot. Univ. Queensland, Brisbane, 3(19)159-191.
- Cribb, A. B. (1983). *Marine Algae of the Southern Great Barrier Reef*. Part I. Rhodophyta. Brisbane, Australian Coral Reef Society, Handbook No. 2.
- Daniel, W. W. (1996). Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. México, UTEHA Noriega Editores,
- De Senerpont Domis, L. N., Fama, P., Bartlett, A. J., Prud'homme van Reine, W. F., Armenta-Espinosa, C. & Trono, G. C. Jr. (2003). Defining taxon boundaries in members of the morphologically and genetically plastic genus Caulerpa (Caulerpales, Chlorophyta). *J. Phycol.*, (39)1019-1037.
- Díaz-Larrea, J., Sentíes, A., Fujii, M. T., Pedroche, F. F. & Oliveira, M. C. (2007). Molecular evidence for Chondrophycus poiteau var. gemmiferus comb. et stat. nov. (Ceramiales, Rhodophyta) from the Mexican Caribbean Sea: implications for the taxonomy of the Laurencia complex. *Bot. Mar.*, (50) 250-256.
- Fujii, T.M. (1990). Gênero Laurencia (Rhodomelaceae, Rhodophyta) no estado de São Paulo: aspectos biológicos e taxonômicos. Master Dissertation, Rio Claro, Universidad Estadual Paulista, São Paulo, Brazil,
- Fujii, T. M., Collado, L. V. & Cordeiro-Marino, M. (1996). Morphological studies of Laurencia gemmifera and Laurencia poiteau (Rhodomelaceae, Rhodophyta) from the Nichupté Lagoon System, Quintana Roo, Mexico. *Bot. Mar.*, (39) 317-326.
- Fujii, T. M. (1998). *Estudos morfológicos, quimiotaxonômicos e citogenéticos em quatro espécies selecionadas de Laurencia (Ceramiales. Rhodophyta) do litoral brasileiro*. Doctor Dissertation, Rio Claro, Universidad Estadual Paulista, São Paulo, Brazil,
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2012). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- Haywood, A. J., Steidinger, K. A., Truby, E. W., Bergquist, P. R., Bergquist, P. L., Adamson, J. & MacKenzie, L. (2004). Comparative morphology and molecular phylogenetic analysis of three new species of the genus Karenia (Dinophyceae) from New Zealand. *J. Phycol.* (40) 165-79.
- Hubbard, C. B. & Garbary, D. J. (2002). Morphological variation of Codium fragile (Chlorophyta) in Eastern Canada. *Bot. Mar.*, 45 476-85.



- Johnson, D. E. (1998). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. International México, Thomson Editores
- Kraan, S., Rueness, J. & Guiry, M. D. (2001). Are North Atlantic *Alaria esculenta* and *A. grandifolia* (Alariaceae, Phaeophyceae) conspecific? *Eur. J. Phycol.*, (36) 35-42.
- Krellwitz, E. C., Kowallik, K. V. & Manos, P. S. (2001). Molecular and morphological analyses of *Bryopsis* (Bryopsidales, Chlorophyta) from the western North Atlantic and Caribbean. *Phycologia.*, (40) 330-339.
- Maggs, C. A. & Hommersand, M. H. (1993). *Seaweeds of the British Isles*. Vol. 1 Rhodophyta. Part 3A Ceramiales. The Natural History Museum, Londres,
- Martin-Lescanne, J., Rousseau, F., De Reviers, B., Payri, C., Couloux, A. Cruaud, C. & Le Gall, L. (2010). Phylogenetic analyses of the *Laurencia* complex (Rhodomelaceae, Ceramiales) support recognition of five genera: *Chondrophycus*, *Laurencia*, *Osmundea*, *Palisada* and *Yuzurua* stat. nov. *European Journal of Phycology*, 45(1), 51-61.
- Masuda, M. & Abe, T. (1993). The occurrence of *Laurencia saitoi* Perestenko (*L. obtusa* auct. Japon.) (Ceramiales, Rhodophyta) in Japan. *Jap. J. Phycol.*, (41) 7-18.
- Masuda, M. (1997a). A taxonomic study of the genus *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) from Vietnam. IV. *Laurencia nangii* sp. nov. *Cryptog. Algal*, (18) 309-318.
- Masuda, M. (1997b). A new species of *Laurencia*, *L. omaezakiana* (Ceramiales, Rhodophyta), from Japan. *Phycol. Res.*, (45) 123-131.
- Masuda, M. & Suzuki, M. (1997). A taxonomic study of the genus *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) from Vietnam. III. *Laurencia calliclada* sp. nov. *Cryptog. Algal*. 18, 273-282.
- McDermid, K. (1988). Section V. *Laurencia* (Rhodophyta, Rhodomelaceae) Introduction. En: I. A. Abbott (ed.) *Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to some Pacific and Caribbean Species*. Vol. II. California Sea Grant College Program, La Jolla. California, Vol II, p. 221-229.
- McQueen, J. B. (1967). Some methods of classification and analysis of multivariate observations. En: *Proceedings 5th Berkeley Symposium in Mathematics, Statistics and Probability*. Univ. California, Berkeley, Vol. 1, p. 281-296.
- Mendoza-González, A. C., Senties, A., Mateo-Cid, L. E., Díaz-Larrea, J., Pedroche, F. F. & Villanueva, R. A. (2011). *Ochtodes searlesii* sp. nov. (Gigartinales, Rhodophyta), from the Pacific tropical coast of Mexico, based on morphological and molecular evidence. *Phycological Research*, (59) 250-258.
- Murray, S., Jorgensen, M. F., Daugbjerg, N. & Rhodes, L. (2004). *Amphidinium* revisited. II. Resolving species boundaries in the *Amphidinium operculatum* species complex (Dinophyceae), including the descriptions of *Amphidinium trulla* sp. nov. and *Amphidinium gibbosum* comb. nov. *J. Phycol.*, (40) 366-82.
- Nam, K.W. (1999). Morphology of *Chondrophycus undulata* and *C. parvipapillata* and its implications for the taxonomy of the *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) complex. *Eur. J. Phycol.*, (34) 455-468.
- Nam, K.W. & Saito, Y. (1991). *Laurencia similis* (Ceramiales, Rhodophyta), a new species from Queensland, Australia. *Br. Phycol. J.*, (26) 375-382.
- Nam, K.W. & Saito, Y. (1995). Vegetative and reproductive anatomy of some *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta) species with a description of *L. maris-rubri* sp. nov. from the Red Sea. *Phycologia*, (34)157-165.
- Ramírez, M. E. (1995). Recolección y colecciones científicas de macroalgas marinas. En *Manual de Métodos Ficológicos*. (K. Alveal, M. E. Ferrario, E. C. Oliveira y E. Sar, eds.), Univ. Concepción, Concepción, p. 417-428.
- Saito, Y. (1967). Studies on Japanese species of *Laurencia*, with special reference to their comparative morphology. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, Hakodate 15(1), 1-18.



- Saito, Y. (1969a). The algal genus *Laurencia* from the Hawaiian Islands, the Philippine Islands and adjacent areas. *Pacif. Sci*, 23(2), 148-160.
- Saito, Y. (1969b). On morphological distinctions of some species of Pacific North American *Laurencia*. *Phycologia*, 8(2), 85-90.
- Saito, Y. & Womersley, H. B. S. (1974). The southern Australian species of *Laurencia* (Ceramiales, Rhodophyta). *Aust. J. Bot*, (22) 815-874.
- Sentíes, A. & Díaz-Larrea, J. (2008). Proposals for *Palisada poiteau* var. *gemma* comb. nov. and *Palisada coralopsis* comb. nov. (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Botanica Marina*, (51)69-70.
- Sentíes, A. & Fujii, M. T. (2002). El complejo *Laurencia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) en el Caribe Mexicano. En A. Sentíes y K. M. Dreckmann (Eds.), *Monografías Ficológicas*, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F. p. 119-192.
- Verbruggen, H., De Clerck, O., Cocquyt, E., Wiebe, H., Kooistra, C. F. & Coppejans, E. (2005). Morphometric taxonomy of siphonous green algae: a methodological study within the genus *Halimeda* (Bryopsidales). *J. Phycol.*, (41) 126–139.
- Wynne, M. J. (2011). *A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision*. *Nova Hedwigia*, 140, 166.
- Yamada, Y. (1931). Notes on *Laurencia*, with special reference to the Japanese species. *Univ. Calif. Publ. Bot*, 16(7), 185-310.
- Yoneshigue, Y. (1985). *Taxonomie et ecologie des algues marines dans la region de Cabo Frio (Rio de Janeiro), Brésil*. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias (Biología) Facultad de Ciencias de Luminy, Univ. d' Aix-Marseille II, Marsella, 466 pp.

Recibido: enero de 2012.

Aceptado: marzo de 2012.