

24. Aguas

Dinámica y factores condicionantes de la comunidad de macroalgas en la costa atlántica de Uruguay

González, Lucila; lulige.bio@gmail.com ; Orientadora: Kruk, Carla; ckruk@yahoo.com

Facultad de Ciencias y Centro Universitario Regional Este (CURE - Sede Rocha)

Universidad de la República (UdelaR), Uruguay

Resumen

Las macroalgas son fundamentales para los ecosistemas marinos y son muy sensibles a los cambios ambientales (ej. temperatura, salinidad). La costa atlántica uruguaya es clave para la biogeografía regional de macroalgas, representando la transición entre la ficoflora subtropical y subantártica. En este trabajo se evalúa la dinámica estacional, distribución espacial y estructura de la comunidad de macroalgas, así como su relación con variables ambientales en puntas rocosas de la costa de Rocha (33°S; 54°O), Uruguay. Se realizaron dos muestreos (verano e invierno) en Cerro Verde (La Coronilla), Cerro Rivero (Punta del Diablo) y El Cabito (La Paloma). Mediante transectas se cubrieron distintas profundidades, midieron variables ambientales y colectaron muestras. Las variables analizadas incluyeron riqueza de especies, riqueza de grupos filogenéticos y biomasa total de macroalgas. Se alcanzó el 50% del total de especies registradas para Uruguay, identificando 38 taxa (23 rodofitas, 11 clorofitas y 4 ocrofitas). La temperatura fue un factor clave, siendo la riqueza de especies y biomasa mayor en verano para todos los sitios con especies principalmente subtropicales (rodofitas) y escasas especies ocrofitas, estando asociadas a latitudes mayores con aguas más frías. Se desarrolló una clave de identificación de grupos funcionales adaptada a la zona de estudio y basada en rasgos fáciles de identificar. El complejo *Ulva* spp. (clorofita) tuvo una mayor dominancia y biomasa predominando zonas expuestas con condiciones ambientales de stress por variabilidad de salinidad y desecación. El conocimiento generado aportará al manejo y efectos del cambio climático en macroalgas en la costa uruguaya.

Palabras clave: Macroalgas, Riqueza de especies, Variabilidad espacio-temporal, Intermareal rocoso, Costa atlántica.

Introducción

Las macroalgas constituyen uno de los grupos más variados de organismos fotosintéticos abarcando principalmente los grupos filogenéticos (clados): clorofitas (algas verdes), rodofitas (algas rojas) y ocrofitas (algas pardas). Integran una gran diversidad de especies, asociada a una variedad de características fisiológicas (ej. pigmentos), ciclos de vida y respuestas a los cambios ambientales (Hurd, et al., 2014).

Las macroalgas marinas son fundamentales para el funcionamiento de los sistemas costeros; modulan los ciclos de nutrientes y aportan materia orgánica a través de su producción primaria (Santelices, et al., 2009; Hurd, et al., 2014). Su rol es clave, además, en cuanto a que proporcionan alimento y refugio a diversos animales (Santelices, et al., 2009). A su vez muchas especies son utilizadas con fines productivos como el consumo humano, la producción de materias primas y como insumos para productos farmacéuticos y biotecnológicos (ej. Pellizzari y Reis, 2011).

Factores condicionantes de la comunidad de macroalgas

La composición de la comunidad de macroalgas está determinada por factores físicos (ej. nivel del mar, salinidad, temperatura, oleaje) y biológicos (ej. herbivoría, competencia) que varían a lo largo de diversas escalas espaciales y

temporales (Kerswell, 2006; Smale, et al., 2010). La conjunción de factores latitudinales y locales también afectan la estructura de esta comunidad (Harley, et al., 2012; Sanches, et al., 2016).

Los gradientes latitudinales modifican las características de las corrientes y de las masas de agua (ej. salinidad y temperatura) influyendo en la distribución de las macroalgas debido a diferencias en su capacidad de dispersión y preferencias ambientales (Kerswell, 2006; Harley, et al., 2012; Sanches, et al., 2016). La riqueza total de especies de macroalgas incrementa hacia mayores latitudes, observándose diferencias para los distintos grupos (Kerswell, 2006). Las ocrofitas aumentan su diversidad hacia regiones frías, los patrones de diversidad de las rodofitas varían entre hemisferios, aumentando de los polos a los trópicos en el hemisferio norte y disminuyendo de los polos a los trópicos en el hemisferio sur; mientras que las clorofitas tienen un patrón menos asociado a la latitud con un leve aumento hacia zonas tropicales (Santelices, et al., 2009; Liuzzi, et al., 2011; Keith, et al., 2014).

La zona intermareal rocosa se caracteriza por una abundante presencia de macroalgas. En esta zona el estrés ambiental (deseccación, variaciones del nivel del mar, oleaje), la estructura espacial y características del sustrato (tipo, orientación) afectan fuertemente la

abundancia y diversidad de macroalgas (Liuzzi, et al., 2011; Harley, et al., 2012; Holloway-Adkins, et al., 2015). A escala local se observa, como resultado de los factores bióticos y abióticos, un patrón de bandas longitudinales (zonación) en la estructura de la comunidad de macroalgas. En zonas más expuestas del intermareal dominan las algas verdes, las algas rojas en zonas más protegidas y parcialmente cubiertas por agua, mientras que en la zona submareal de mayor profundidad dominan las algas pardas (Holloway-Adkins, et al., 2015; Pellizzari, et al., 2017).

El desarrollo de actividades antrópicas, como el turismo y la urbanización modifican la dinámica dunar, la disponibilidad de sustrato y generan contaminación, degradando el hábitat de las macroalgas y disminuyendo su riqueza y abundancia (Portugal, et al., 2016). La introducción de especies exóticas se asociada a actividades antrópicas como el agua de lastre de los barcos o la acuicultura compiten por el espacio y sustrato disponible con las macroalgas nativas generando también una disminución en su biodiversidad y la de organismos asociados (Schaffelke y Hewitt, 2007).

Macroalgas marinas en Uruguay

El conocimiento de las macroalgas en Uruguay es limitado, basado en estudios muy aislados, discontinuados y

usualmente con escasa conexión entre sí. Sin embargo, la costa atlántica uruguaya es una región clave para estudiar los procesos subyacentes a los patrones de biodiversidad y la biogeografía regional (Scarabino, et al., 2016) ya que es una zona de transición entre la ficoflora subtropical y subantártica (Coll y Oliveira, 1999). A su vez, esta zona se encuentra fuertemente influenciada por los aportes de agua dulce rica en nutrientes del Río de la Plata (35°S) (Kruk, et al., 2015). De esta forma, el estudio de la ficoflora de esta región puede además contribuir a comprender el efecto de las actividades antropogénicas, incluyendo la eutrofización, las modificaciones físicas y el cambio climático en las comunidades de macroalgas a escala regional.

En Uruguay las macroalgas constituyen una importante fuente de alimentación para los juveniles de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) (Vélez-Rubio, et al., 2016). Por otra parte, numerosas especies de invertebrados obtienen refugio entre las distintas especies de macroalgas, especialmente aquellas que forman matas densas que retienen sedimentos, destacando por su abundancia los crustáceos (anfípodos, isópodos y decápodos), poliquetos, nemertinos, bivalvos y gasterópodos (Brazeiro, et al., 2006). En este sentido, los estudios de la comunidad de macroalgas aportan también a analizar las relaciones tróficas

de las especies y sus posibles efectos dentro de los ecosistemas.

Objetivos

Caracterizar la comunidad de macroalgas presente en la zona litoral rocosa de la costa del departamento de Rocha, Uruguay, evaluando su composición taxonómica, distribución y variación espacio-temporal en relación a variables ambientales físicas (ej. temperatura, turbidez), químicas (ej. salinidad, oxígeno) y geomorfológicas (ej. pendiente, tipo de sustrato).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres localidades rocosas de la costa Rocha (este de la costa atlántica uruguaya): El Cabito (La Paloma), Cerro Rivero (Punta del Diablo) y Cerro Verde (Área Protegida Costero Marina de Cerro Verde e Islas de La Coronilla, La Coronilla) (Figura 1). El Cabito es una zona costera con importantes infraestructuras y gran afluencia turística. Cerro Rivero presenta un desarrollo costero en pleno crecimiento con una gran influencia turística. Cerro Verde tiene baja afluencia de visitantes y no presenta infraestructuras costeras, esta zona ingresó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en el 2011 (Uruguay, 2011) bajo el dominio de "Área de manejo de hábitats y/o especies".

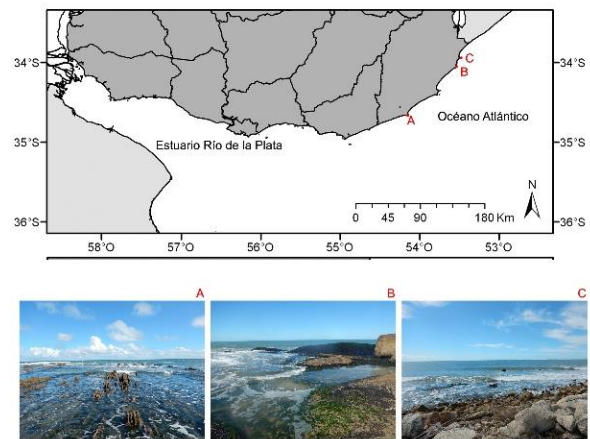


Figura 1. Mapa de la costa de Uruguay mostrando las localidades del muestreo: **A:** El Cabito (La Paloma); **B:** Cerro Rivero (Punta del Diablo) y **C:** Cerro Verde (La Coronilla).

Muestreo

Se realizaron dos muestreos en cada sitio, uno en verano (marzo) y otro en invierno (setiembre), durante el año 2016. Para Cerro Verde sólo fue posible muestrear en verano. En cada sitio se realizaron tres transectas perpendiculares a la línea de la costa separadas a una distancia de 50 metros entre sí, abarcando distintas profundidades e incluyendo la zona supralitoral, intermareal y submareal somero (un metro de profundidad máxima). Para cada sitio se seleccionó una transecta y se estimó la pendiente realizando un perfil con una regla graduada (Leyca CLR 102), desde el mayor nivel de la pleamar hasta la zona de mayor profundidad muestreada, midiendo la pendiente cada 3 m. A partir de esos datos se calculó un indicador de la variabilidad de las alturas: cociente

entre el desvío estándar de la altura y el largo de la transecta.

Para estimar la riqueza de especies y biomasa de macroalgas en cada sitio y estación del año, se realizaron colectas de macroalgas que se encontraban fijadas al sustrato a lo largo de tres transectas, separadas 100 m entre sí, abarcando la zona desde el último nivel alcanzado por la pleamar hasta 1 m de profundidad en el submareal. Para cada transecta, se utilizó como superficie de muestreo un cuadrante de 35x35 cm. Estos fueron ubicados cada 5 m de distancia entre sí a lo largo de todas las transectas llegando a un total de 38 cuadrantes en todo el estudio. En cada uno de ellos se removió la totalidad de los organismos con talos mayores a 0,5 cm de largo. Además se tomaron muestras de macroalgas abarcando un área definida de 2 m de radio alrededor de cada cuadrante, detectando así el mayor número de especies posibles. En los puntos donde se ubicaron los cuadrantes se midieron variables abióticas del agua y se caracterizó el tipo de sustrato y microhábitat (pozas, tipo de roca, arena). Se registraron otras características categóricas como distancia al mar, profundidad y zonificación (supralitoral, intermareal, o submareal). Las variables ambientales del agua se midieron con un multiparámetro (Horiba U-50) e incluyeron temperatura (Tagua, °C), salinidad (S,

ppt), pH, turbidez (NTU) y oxígeno disuelto (OD, mg/l).

Análisis de laboratorio

En el laboratorio se identificaron los organismos al nivel taxonómico más detallado posible considerando morfología, pigmentación y estructuras celulares y reproductivas a partir de cortes histológicos observados en el microscopio. Se utilizaron claves de identificación taxonómica de la región (Taylor, 1960; Coll, 1976) y recursos de la web AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2017). Se estimó la biomasa total macroalgas (kg/m^2) para cada sitio y estación, para esto se midió el peso húmedo PH (g) y luego del secado de las muestras en estufa durante 3 días a 60°C se midió el peso seco PS (g) por cuadrante. Se conservaron muestras de referencia fijadas en húmedo con formol al 4 % y otros en seco en formato de herbario y con silicagel.

Análisis de datos

La biomasa total húmeda y seca (kg/m^2) se calculó sumando el PH y PS de todos los cuadrantes y dividiendo sobre la superficie total de los cuadrantes por sitio en cada fecha. La riqueza de especies (S) se estimó como el número total de taxa presentes para cada sitio y estación del año, así como también por grupo filogenético S clorofitas, S rodofitas y S ocofitas. Se identificaron las especies dominantes como aquellas que se

encontraron con mayor frecuencia (mayor al 70% del total de cuadrantes de cada transecta).

Se utilizaron análisis de componentes principales (ACP) organizar a los sitios y fechas en gradientes ambientales incluyendo las variables temperatura del agua, pH, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, TDS, temperatura del aire e intensidad del viento, previamente estandarizadas.

Resultados

Geomorfología de los sitios

Los sitios se diferenciaron en tipo de sustrato y estructura. En relación al perfil, El Cabito se caracterizó por presentar una zona intermareal más larga (120 m), con menor pendiente y más homogénea, así como rocas en disposición perpendicular a la costa con numerosas canaletas. Cerro Verde y Cerro Rivero tuvieron una zona intermareal más corta (45 m), con mayor pendiente y heterogeneidad espacial asociada a un mayor número y diversidad de pozas.

Tabla 1. Descripción de los sitios de muestreo en cada localidad, incluyendo la descripción del tipo de sustrato y la estimación de pendientes. DS: desvío estándar.

Localidad	La Paloma	Punta del Diablo	La Coronilla
	El Cabito	Cerro Rivero	Cerro Verde
Coordenadas	34°39'52,5" S 54°10'23,9" O	34°1'54,5" S 53°32'9" O	33°56'35" S 53°30'35" O

Tipo de sustrato	Micro-hábitats	Pendiente (media y rango en cm)	DS altura (cm) por m ²
metasedimentos, arena	roca irregular	8,38 (-68 a 38)	0,88
granitos, arena	con numerosas canaletas y pozas intermareales	21,4 (-53,5 a 90)	2,16
granitos, arena	descubierta, pozas inter y supralitorales intermareales	20,5 (-72 a 130)	2,52

Riqueza y composición de especies

Se identificaron un total de 36 taxones que incluyeron un total de 27 géneros (Tabla 2). Algunos géneros que no fue posible separar por especie y se cuantificó a cada una como un taxón. Para el complejo *Ulva* spp. se identificaron dos morfotipos distintos (morfotipo tubular y morfotipo laminar).

Se observó una mayor riqueza de especies de rodofitas, seguida por clorofitas y un escaso número de ocofitas para todos los sitios y estaciones del año (Tabla 2 y Figura 2). Dentro de las rodofitas (22 especies, 16 géneros), las especies más frecuentes fueron *Jania rubens*, *Cryptopleura ramosa* y *Polysiphonia* sp. 1. Para las clorofitas (11 especies, seis géneros) el complejo *Ulva* spp. morfotipo laminar y *Cladophora* sp. 1 fueron las dominantes. Las ocofitas fueron el grupo con menor riqueza (cuatro especies) siendo *Myriogloea major* la más frecuente.

De todos los taxones identificados se encontraron dos nuevos registros para

Uruguay, los cuales corresponden a las especies *Dasya* sp. 1 y *Grateloupia turuturu* (exótica). Para los sitios El Cabito y Cerro Rivero, donde se realizaron

muestreos en verano e invierno, se encontró una mayor riqueza de especies en verano con respecto al invierno (Tabla 2 y Figura 2).

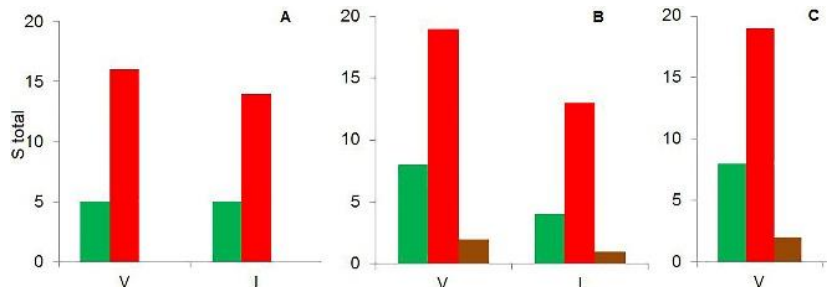


Figura 2. Riqueza de especies total (S_{total}) según grupo filogenético: clorofita (verde), rodofita (rojo) y ocrofita (marrón) para cada sitio. **A**, El Cabito (La Paloma); **B**, Cerro Rivero (Punta del Diablo) y **C**, Cerro Verde (La Coronilla) y para **V**, verano e **I**, invierno.

Tabla 2. Lista de las macroalgas colectadas e identificadas al nivel taxonómico más detallado posible y grupo filogenético (Gfilo: clorofita, rodofita y ocrofita) en los diferentes sitios (EC: El Cabito; CR: Cerro Rivero y CV: Cerro Verde) y estaciones del año (V: verano; I: invierno). Se incluyen referencias bibliográficas previas para Uruguay.

Gfilo	Especie	Referencias*						
			EC	CR	CV			
			V	I	V	I	V	
Clorofita	<i>Bryopsis pennata</i> J.V. Lamouroux	15	X				X	
	<i>Bryopsis</i> spp.		X		X			
	<i>Chaetomorpha antenina</i> (Bory de Saint-Vicent) Kützing	15			X	X	X	
	<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dilwyn) Kützing	15	X					
	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützing	15; 16			X		X	
	<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek	8; 10; 15; 16					X	
	<i>Cladophora</i> sp. 1		X	X	X	X	X	
	<i>Codium decortcatum</i> (Woodward) M. Howe	1; 2; 4	X		X		X	
	<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	15		X			X	
	<i>Ulva</i> spp. morfo tubular		X		X	X	X	
	<i>Ulva</i> spp. morfo laminar		X	X	X	X	X	
	Rodofitas	<i>Ahnfeltia plicata</i> (Hudson) Fries	2; 3; 15	X		X		
		<i>Amphiroa beauvoisii</i> J.V. Lamouroux	2; 3; 6; 7; 8; 14; 15	X	X	X		X
		<i>Ceramium</i> spp.		X	X	X	X	X
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq		15	X		X	X	X	
<i>Chondracanthus teedei</i> (Mertens ex Roth) Kützing		15	X	X	X	X	X	
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus		2; 3; 6; 7; 8; 10; 15	X	X	X	X	X	

	<i>Cryptopleura ramosa</i> (Hudson) L. Newton	15	X	X	X	X
	** <i>Dasya</i> sp. 1			X		X
	<i>Grateloupia cuneifolia</i> J. Agardh Kützing	2; 3; 6; 7; 14	X	X	X	X
	<i>Grateloupia filicina</i> (J.V. Lamouroux) C. Agardh	2; 3; 4; 6; 7; 15	X		X	X
	** <i>Grateloupia turuturu</i> Yamada				X	
	<i>Gymnogongrus griffithsiae</i> (Turner) C. Martius	2; 3; 8; 10; 13; 14; 15; 16	X	X	X	X
	<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux	2; 3; 8; 10; 14; 15	X		X	X
	<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux		X		X	X
	<i>Nemalion helminthoides</i> (Velley) Batters	10; 15				X
	<i>Polysiphonia</i> sp. 1		X	X	X	X
	<i>Polysiphonia</i> sp. 2		X	X	X	X
	<i>Polysiphonia</i> sp. 3		X	X	X	
	<i>Porphyra/Pyropia</i> spp.		X		X	X
	<i>Pterocladia capillacea</i> (S.G. Gmelin) Santelices & Hommersand	14; 15	X	X	X	X
	<i>Rhodomenia</i> spp.	15			X	X
Ocrofitas	<i>Colpomenia sinuosa</i> (Mertens ex Roth) Derbès & Solier	15			X	
	<i>Myriogloea major</i> Asensi	17			X	X
	<i>Petalonia fascia</i> (O.F. Müller) Kuntze	15				X
	<i>Scytosiphon lomentaria</i> (Lyngbye) Link	15; 16				X

*Referencias de registros para Uruguay: 1. Arechavaleta 1884; 2. Howe 1931; 3. Herter 1933a; 4. Herter 1933b; 5. Herter 1939a; 6. Herter 1939b; 7. Herter 1939c; 8. Taylor 1939; 9. Silva 1960; 10. Taylor 1960; 11. Méndez 1983; 12. Hareau & Osorio 1983; 13. Hareau 1984; 14. Hareau & Silva 1984; 15. Coll & Oliveira 1999; 16. Steigleder 2015; 17; Pellizzari et al. 2016a.

**Primer registro: *Dasya* sp. 1 y *Grateloupia turuturu* (especie exótica).

Dominancia de especies y biomasa total de macroalgas

El complejo *Ulva* spp. fue el más frecuente en todos los sitios y estaciones del año. Presentó una amplia distribución espacial y vertical, abarcando todas las subdivisiones litorales zonas (supralitoral, intermareal y submareal), incluyendo las pozas de marea. En las pozas supralitorales se encontró un dominio del complejo *Ulva* spp. (morfortipo tubular) y especies del género *Cladophora*. En la zona intermareal expuesta se encontró una elevada frecuencia de *Ulva* spp. (morfortipo laminar), *Gymnogongrus griffithsiae*, *Porphyra/Pyropia* spp.,

Hypnea musciformis y *Polysiphonia* spp.

En la zona menos expuesta del intermareal se encontraron con mayor frecuencia *Chondracanthus teedei* y *Grateloupia cuneifolia*; también se destacó la presencia del cordón de coralinas formado principalmente por *Corallina officinalis* y *Jania rubens*. Además, las pozas de la zona intermareal presentaron una elevada riqueza de especies, asociada a una mayor frecuencia del complejo *Ulva* spp. y especies coralináceas (*Corallina officinalis* y *Jania rubens*), destacándose asimismo la presencia de *Codium decorticatum*. La zona submareal estuvo dominada

principalmente por *Cryptopleura ramosa* y *Pterocladia capillacea*.

La biomasa seca total (kg/m^2) de macroalgas fue mayor en verano para Cerro Rivero y El Cabito (Figura 3).

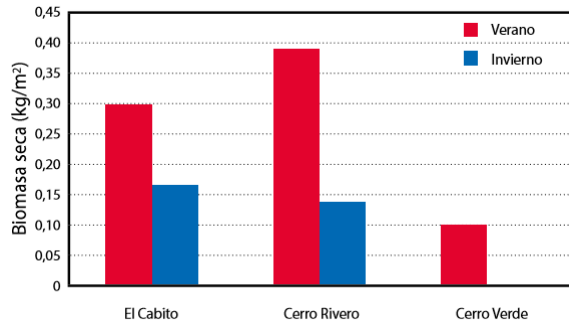


Figura 3. Biomasa total seca (kg/m^2) de macroalgas para cada sitio (El Cabito, Cerro Rivero y Cerro Verde) y estación del año.

Variables ambientales

La salinidad, la temperatura del aire y la temperatura del agua fueron mayores en verano (Figura 4). La temperatura del aire en el muestreo de verano varió entre $21,6^\circ\text{C}$ y $25,3^\circ\text{C}$ mientras que en el invierno varió de $17,5^\circ\text{C}$ a $21,1^\circ\text{C}$. La temperatura del aire y la temperatura del agua presentaron una relación lineal positiva ($R^2=0,70$, $p<0,001$; $T_{\text{aire}} = 1,35 \cdot T_{\text{agua}} - 10,94$). La turbidez no tuvo diferencias significativas entre estaciones del año y presentó una importante variabilidad (Figura 4).

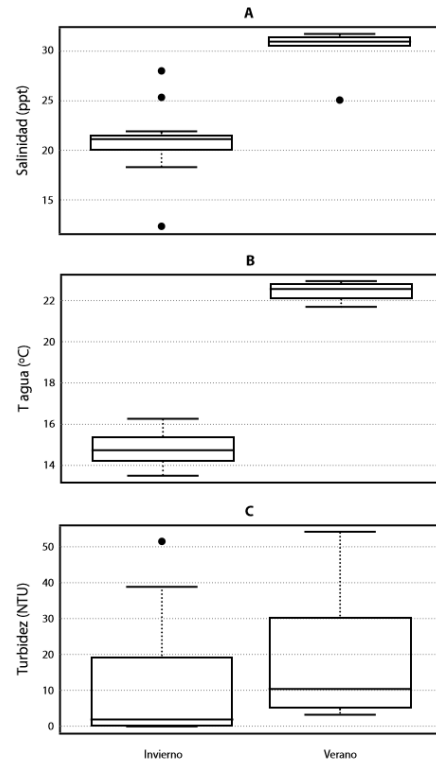


Figura 4. Boxplot de variables ambientales de: A: temperatura del agua ($^\circ\text{C}$); B: salinidad (ppt) y C: turbidez (NTU), para cada estación del año (verano e invierno). En todos los casos la línea horizontal oscura representa la mediana de los datos, el rectángulo representa el 1er y el 3er cuartil y la línea vertical punteada representa el rango de distribución.

El ACP (Figura 5) mostró que las variables más relevantes para explicar las diferencias en las condiciones ambientales de los distintos sitios fueron la temperatura del agua, la salinidad y la turbidez. Con base en estas variables los sitios se organizaron principalmente en función de la estación del año. Los muestreos de verano e invierno fueron distintos en la mayoría de las variables. El

verano fue más cálido, con más viento y mayor salinidad, mientras que el invierno fue más frío y presentó mayores valores de pH y oxígeno disuelto en el agua. La turbidez del agua tuvo un comportamiento distinto: se ubicó en forma perpendicular al gradiente estacional y fue más alta en Cerro Rivero durante el invierno que en los demás sitios. Asimismo, en verano los sitios se diferencian menos entre sí que en invierno, cuando principalmente la turbidez y en menor grado la salinidad se organizaron a lo largo de un gradiente de aguas más claras (El Cabito) a más turbias (Cerro Rivero). Para el sitio El Cabito se observaron además diferencias entre transectas y un cambio en la turbidez con la distancia a la costa.

flechas se incluyen las variables ambientales medidas en aire y agua incluyendo: temperatura del aire (Taire, °C); intensidad del viento (m/s); temperatura del agua (Tagua, °C); salinidad (ppt); turbidez (NTU); pH y oxígeno disuelto (OD, mg/L).

Discusión

Los principales resultados indicaron que el verano fue la estación del año con mayor biomasa y riqueza de especies, principalmente en Cerro Rivero. Esta estación también fue especialmente más rica en rodofitas y clorofitas, asociado a que la temperatura actúa favoreciendo la riqueza de especies de estos grupos, principalmente de rodofitas (Zhuang, 2006; Liuzzi, et al., 2011; Keith, et al., 2014). Cerro Rivero y Cerro Verde presentaron mayor riqueza de especies en comparación con El Cabito. Estas diferencias entre sitios en verano, podrían estar asociadas a la mayor heterogeneidad del sustrato (pozas de marea). La menor alteración por actividades antrópicas para el caso de Cerro Verde podría ser un factor que también esté contribuyendo a la riqueza de especies.

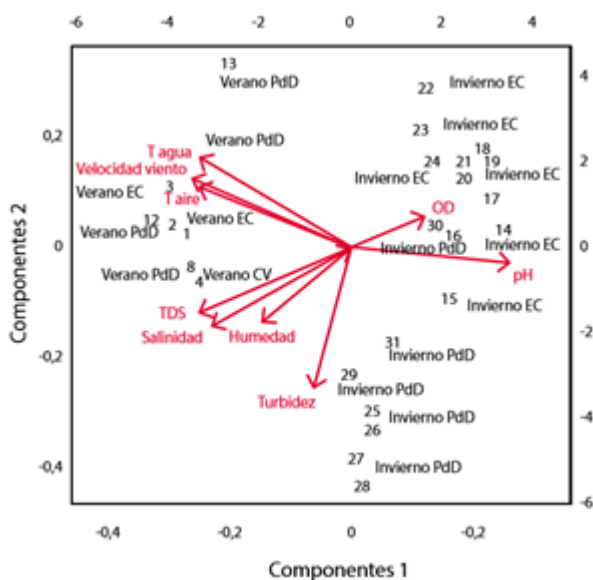


Figura 5. Diagrama biplot del análisis de componentes principales incluyendo con números y letras todos los sitios (Puna del Diablo: PdD, El Cabito: EC y Cerro Verde: CV) y transectas muestreadas en ambas estaciones del año (invierno y verano). En

localidades muestreadas en este trabajo, aunque no se detallan los sitios, observándose una mayor riqueza para el departamento de Rocha frente al resto de las zonas analizadas (Coll y Oliveira, 1999). Si bien el número de especies identificadas en nuestro caso fue menor al registrado por estos autores, los taxones observados en este trabajo serían los representativos para la zona en términos de biomasa. Por otra parte, Coll y Oliveira (1999) consideraron muestras colectadas a lo largo de varios años, así como también especies muy pequeñas y epífitas. En este estudio no fueron considerados aquellos talos menores a 1 cm de altura por lo que la riqueza total podría estar subestimada. El uso de herramientas moleculares para análisis taxonómicos incrementaría el número de taxones registrados en el presente estudio. Además, dadas las características transicionales del área de estudio es esperable la ocurrencia puntual de especies subtropicales asociadas a fenómenos oceanográficos anómalos, que eventualmente colonizarán la costa uruguaya. En este trabajo la mayor riqueza de especies estuvo asociada al grupo de las rodofitas (58,3%), seguido por clorofitas (30,6%), mientras que las ocofitas estuvieron poco representadas (11,1%). Las proporciones fueron similares a las registradas por Coll y Oliveira (1999) (57%; 33,3% y 9,7%, respectivamente) y a otros estudios

realizados en la región (Brasil: Figueiredo, et al., 2009; Argentina: Liuzzi, et al., 2011; Brasil: Portugal, et al., 2016). La temperatura es una de las principales variables moduladoras de la riqueza de cada grupo filogenético en distintas latitudes. El aumento de la temperatura actúa favoreciendo a las rodofitas frente a los demás grupos filogenéticos en términos de diversidad (Zhuang, 2006; Liuzzi, et al., 2011; Harley, et al., 2012). La mayor riqueza de especies encontrada en verano en Cerro Rivero y Cerro Verde, en comparación con El Cabito, estuvo asociada al tipo de sustrato y a una mayor heterogeneidad espacial representada principalmente por un mayor número y diversidad de pozas. Según Steneck y Dethier (1994), los ambientes que están menos expuestos a situaciones de disturbios como la remoción por el oleaje o herbivoría o estrés ambiental como la desecación y exposición a la luz solar facilitan el crecimiento y el desarrollo de una mayor biomasa de macroalgas. En este sentido, la mayor riqueza de especies encontrada en las pozas de marea podría verse asociada a que generan microhábitats más protegidos y menos expuestos a situaciones de disturbio, favoreciendo de esta forma el crecimiento de un mayor número de especies.

Se registraron por primera vez para Uruguay dos especies: *Grateloupia turuturu* y *Dasya* sp (ambas rodofitas).

Grateloupia turututu es una especie exótica invasora originaria del océano Pacífico (Acevedo, et al., 2015), que fue introducida en la última década en el Atlántico suroccidental y se ha reportado en las costas de Santa Catarina en 2015 (Acevedo, et al., 2015). *Dasya* sp. pertenece a un género que actualmente cuenta con aproximadamente 81 especies y se encuentra ampliamente distribuido en mares subpolares, templados y tropicales (Guiry y Guiry, 2017), siendo registrada por primera vez en Uruguay en el invierno del año 2016.

La zona intermareal y supralitoral se caracterizaron por una gran variabilidad de las condiciones ambientales del agua (temperatura, salinidad y turbidez) en comparación con la zona submareal. Esto es debido a su mayor exposición al oleaje y evaporación, lo cual genera cambios de temperatura y salinidad por mezcla de aguas con distintas características, así como también cambios en los niveles de turbidez por la suspensión de sedimento por acción de las olas (Holloway-Adkins, et al., 2015; Pellizzari, et al., 2017). Los ambientes más expuestos a disturbios suelen presentar dominancia de algunos organismos tolerantes como el complejo *Ulva* spp. (Steneck y Dethier, 1994). Este fue el caso de El Cabito, un ambiente con menor número de pozas y sustrato más expuesto, donde se encontró alta abundancia del complejo *Ulva* spp. A su

vez, este sitio es el que presenta mayor presión antropogénica durante el verano, generando más disturbios por remoción de biomasa y favoreciendo el crecimiento del complejo *Ulva* spp. (Portugal, et al., 2016).

El complejo *Ulva* spp. se encontró dominando en todos los sitios y en ambas estaciones del año, estas especies se caracterizan por un ciclo de vida corto, de 2 a 3 meses, que incluye las fases de colonización, desarrollo y crecimiento rápido (Holloway-Adkins, et al., 2015; Pellizzari, et al., 2017). Son especies cosmopolitas y con amplia distribución espacial, incluyendo el supralitoral (expuestas a la desecación), el intermareal (expuestas a la acción de las olas) y zonas del submareal con mayor profundidad y escasa luz solar (Santelices, et al., 2009; Holloway-Adkins, et al., 2015; Pellizzari, et al., 2017). Esto explicaría la elevada frecuencia de aparición de estas especies en todas las profundidades, microhábitats y sitios muestreados para ambas estaciones del año.

Las rodofitas siguieron el patrón de la riqueza total, al igual que las clorofitas con algunas excepciones como la ausencia de diferencias en la riqueza en El Cabito entre invierno y verano. Esto podría estar asociado a la mayor tolerancia de las especies de clorofitas a los cambios ambientales del agua (temperatura,

salinidad y turbidez) y del aire (temperatura, intensidad del viento) (Santelices, et al., 2009; Keith, et al., 2014). La baja riqueza de especies de algas pardas registradas (4 taxones) coincide con la hallada en estudios anteriores para Uruguay (7 taxones) (Coll, 1976; Coll y Oliveira, 1999). Esto podría deberse a que las ocrofitas está mayormente asociado a latitudes mayores donde predominan aguas con menor temperatura y baja turbidez a lo largo de todo el año (Santelices, et al., 2009, Liuzzi, et al., 2011; Keith, et al., 2014).

Si bien la heterogeneidad del sustrato fue un factor clave en determinar la estructura comunitaria, su efecto fue notorio en verano, ya que en invierno para El Cabito y Cerro Rivero se encontró la misma riqueza de especies (18 especies). Esto indicaría que la temperatura tiene un rol preponderante y el incremento de la riqueza asociada a diferencias en la heterogeneidad de sustrato ocurre a mayores temperaturas, como ha sido observado en otros trabajos (Zhuang, 2006).

Conclusiones

Este trabajo permitió por primera vez realizar un registro estacional de la riqueza de especies y biomasa de macroalgas analizada por grupo filogenético en tres sitios con diferentes características de la costa atlántica uruguaya. Los principales resultados

muestran que las rodofitas son el grupo con mayor diversidad, seguido de las clorofitas y finalmente las ocrofitas, siendo las especies más dominantes el complejo *Ulva* spp. (clorofita). El verano fue la estación del año con mayor biomasa y riqueza de especies, principalmente rodofitas y clorofitas, indicando que la temperatura es un factor importante en determinar la composición de la comunidad de macroalgas. Cerro Rivero y Cerro Verde presentaron una mayor riqueza de especies en comparación con El Cabito, pudiendo estar principalmente asociado a características del sustrato y a la menor alteración por actividades antrópicas. A partir de los resultados obtenidos se espera contribuir a incrementar la información actual disponible sobre la temática y realizar en el futuro un monitoreo continuo de macroalgas en Uruguay. Esto aportaría al análisis de aspectos de ecología y a la creación de una línea de base para el manejo, la evaluación del impacto ambiental de megaemprendimientos, el avance de especies invasoras y el análisis de escenarios en relación al cambio climático.

Bibliografía

Acevedo, C. A. A. D., Cassano, V., Júnior, P. A. H., Baista, M. B. y de Oliveira, M. C., 2015. Detecting the non-native *Grateloupia turuturu* (Halymeniales,

- Rhodophyta) in southern Brazil. En: *Phycologia*, 54(5), pp.451-454.
- Brazeiro., A., Borthagaray, A.I y Giménez, L., 2006. Patrones geográficos de diversidad bentónica en el litoral rocoso de Uruguay. En: Menafra, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F. y Conde, D., eds. *Bases para la conservación y el manejo de la costa Uruguaya*. Montevideo: Vida Silvestre. Pp.171-178.
- Coll, J.F., 1976. *Algas marinhas bentônicas do Uruguai*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Depto. de Botânica. (Tese de Doctorado).
- Coll, J.F. y Oliveira, E.C., 1999. The benthic marine algae of Uruguay. En: *Bot. Mar.*, 42, pp.129-135.
- Figueiredo, M. A. D. O., Horta, P. A., Pedrini, A. D. G. y Nunes, J. M. D. C., 2009. Benthic marine algae of the coral reefs of Brazil: a literature review. En: *Oecologia Australis*, 12(2), pp.258-269.
- Guiry, M.D. y Guiry, G.M., 2017. *AlgaeBase. World-wide electronic publication* [En línea]. Galway: National University of Ireland. Disponible en: <http://www.algaebase.org>.
- Harley, C. D., Anderson, K. M., Demes, K. W., Jorve, J. P., Kordas, R. L., Coyle, T. A. y Graham, M. H., 2012. Effects of climate change on global seaweed communities. En: *Journal of Phycology*, 48(5), pp.1064-1078.
- Holloway-Adkins, K.G. y Hanisak, M.D., 2015 Macroalgal community within a warm temperate/subtropical biogeographic transition zone in the western Atlantic Ocean. En: *Bull Mar Sci*, 91, pp.295–319.
- Hurd, C.L., Harrison, P.J., Bishof, K. y Lobban, C.S., 2014. *Seaweed ecology and physiology*. 2a ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Keith, S.A., Kerswell, A.P. y Connolly, S.R., 2014. Global diversity of marine macroalgae: environmental conditions explain less variation in the tropics. En: *Global Ecology and Biogeography*, 23, pp.517–529.
- Kerswell, A. P., 2006. Global biodiversity patterns of benthic marine algae. En: *Ecology*, 87(10), pp.2479-2488.
- Kruk, C., Martínez, A., Nogueira, L., Alonso, C. y Calliari, D., 2015. Morphological traits variability reflects light limitation of phytoplankton production in a highly productive subtropical estuary (Río de la Plata, South America). En: *Marine Biology*, 162(2), pp.331-341.
- Liuzzi, M. G., López Gappa, J. y Piriz, M.L., 2011. Latitudinal gradients in macroalgal biodiversity in the Southwest Atlantic between 36° and 55° S. En: *Hydrobiologia*, 673(1), pp.205-214.
- Pellizzari, F. y Reis, R.P., 2011. Seaweed cultivation on the Southern and Southeastern Brazilian Coast. En: *Brazilian Journal of Pharmacology*, 21(2), pp. 305-312.
- Pellizzari, F.M., Silva, C., Silva, M., Medeiros, E.A., Oliveira, M.C., Yokoya, N.S., Rosa, L.H. y Colepicolo, P., 2017. Seaweed diversity and distribution from

the South Shetland Islands, Antarctica: an updated database for environmental monitoring under climate changes scenarios. En: *Polar Biol.*, 40(8), pp.1671-1685.

Portugal, A.B., Carvalho, F.L., Carneiro, P.B.M., Rossi, S. y Soares, M.O., 2016. Increased anthropogenic pressure decreases species richness in tropical intertidal reefs. En: *Mar. Environ. Res.*, 120, pp. 44 y 54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.005>.

Sanches, P.F., Pellizzari, F. y Horta, P.A., 2016. Multivariate analyses of Antarctic and sub-Antarctic seaweed distribution patterns: an evaluation of the role of the antarctic circumpolar current. En: *Journal of Sea Research*, 110, pp.29–38.

Santelices, B., Bolton, J.J. y Meneses, I., 2009. Marine algal communities. En: Witman, J.D. y Roy, K., eds. *Marine macroecology*. Chicago: University of Chicago Press.

Scarabino, F., Zelaya, D., Orensanz, J.M., Ortega, L., Defeo, O., Schwindt, E., Carranza, A., Zaffaroni, J.C.; Martínez, G.; Scarabino, V. y García-Rodríguez, F., 2016. Cold, warm, temperate and brackish: Bivalve biodiversity in a complex oceanographic scenario (Uruguay, southwestern Atlantic). En: *American Malacological Bulletin*, 31(2), pp.284-301.

Schaffelke, B. y Hewitt, C.L., 2007. Impacts of introduced seaweeds. En: *Botanica Marina*, 50, pp.397-417.

Steneck, R.S. y Dethier, M.N., 1994. A functional group approach to the structure of algal dominated communities. En: *Oikos*, 69, pp.476-498.

Taylor, W.R., 1960. *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. Michigan: Univ. Michigan Press.

Vélez-Rubio, G.M., Cardona, L., Martínez Souza, G., López-Mendilaharsu, M., González-Paredes, D., Carranza, A. y Tomás, J., 2016. Ontogenetic dietary changes of green turtles (*Chelonia mydas*) in the temperate South-Western Atlantic. En: *Marine Biology*, 163(57).

Zhuang, S., 2006. Species richness, biomass and diversity of macroalgal assemblages in tidepools of different sizes. En: *Marine Ecology Progress Series*, 309, pp.67-73.

Financiamiento

Apoyo financiero del Programa de Apoyo a la Investigación Estudiantil (PAIE) de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), UdelaR y Beca de Iniciación a la Investigación del Programa Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), UdelaR.