

Dieta del erizo negro *Echinometra lucunter* (*Echinometra*: *Echinoidea*) en el Nororiente de Venezuela

Jeny Reyes-Luján^{1*}, Jorge Barrios², Dwight Arrieche³, Edgar Zapata-Vívenes⁴, Wil Salgado² & César Lodeiros^{2,5}

1. Laboratorio de Zoología de Invertebrados, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela; jenyreyesl@yahoo.es.
2. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela; jebarster@gmail.com, extraw11@hotmail.com, cesarlodeirosseijo@yahoo.es.
3. Instituto de Investigaciones en Biomedicina y Ciencias Aplicadas, Dra. Susan Tai, Universidad de Oriente, Venezuela; darriech@yahoo.com.
4. Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Cumaná, UDO; edzapata2002@yahoo.com.
5. Centro Nacional de Acuicultura en Investigaciones Científicas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador; cesarlodeirosseijo@yahoo.es.

* Correspondencia.

Recibido 29-IX-2014. Corregido 21-I-2015. Aceptado 24-II-2015.

Abstract: Diet of the black sea urchin *Echinometra lucunter* (*Echinometra*: *Echinoidea*) in the northeast of Venezuela. *Echinometra lucunter* is relatively abundant in the Venezuela coast, however no details are known about its diet. We compare the stomach contents and repletion index of *E. lucunter* with macroalgae available in their environment (June 2010-August) and the nutrient cycle at the Golfo de Cariaco. Seventy-one species of macroalgae were identified: Rhodophyta (45), Heterokontophyta (11) and Chlorophyta (15). The mean testa diameter was 41.04 ± 6.60 mm. The food preferences included filamentous, siphonal and calcaeous macroalgae; main food items were the filamentous macroalgae *Sphacelaria* sp. and *Herposiphonia* sp., and foliose *Dictyota* sp., including invertebrates such as sponges, bivalves and barnacle crustaceans. The repletion index was 0.8 - 6.0 % (2.6 ± 1.21 %), maximum values were associated to primary productivity cycle, i.e. December 2010 (6.0 ± 2.21 %), April (4.3 ± 0.34 %), June 2011 (4.0 ± 1.79 %). Food preferences could be associated to the upwelling season and productivity cycle. Rev. Biol. Trop. 63 (Suppl. 2): 233-242. Epub 2015 June 01.

Key words: Stomach content, food preference, *Echinometra lucunter*, macroalgae, upwelling.

El erizo negro *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) es una especie relativamente abundante en los ecosistemas tropicales del Atlántico. Se distribuye desde Carolina del Norte (Estados Unidos) y las Bermudas hasta Santa Catarina (Brasil), incluyendo el Caribe, América Central y toda la costa occidental de África. Habita desde la zona intermareal hasta 45m de profundidad, son comunes sobre rocas en ambientes con fuertes corrientes hasta áreas tranquilas, se sujeta firmemente con las espinas, pies ambulacrales y dientes (Hendler Miller, Pawson & Porter, 1995). Sus perforaciones son reconocidas como hábitats para

una gran diversidad de organismos, muchos de ellos habitantes dependientes de dicha estructura (Schoppe & Werding, 1996). En Venezuela se ha reportado desde los estados Sucre y Nueva Esparta hasta el estado Falcón (Zoppi, 1967; Martínez, 1986; Cruz-Motta, 2007), se conocen algunos aspectos de su reproducción (Espinoza et al., 2008) y su potencial para el cultivo (Astudillo et al., 2005); sin embargo, se desconocen los componentes alimentarios que conforman su dieta.

El género *Echinometra* se caracteriza por tener hábitos alimenticios herbívoros generalistas que se alimentan de macrófitas,

especialmente macroalgas, y ocasionalmente consumen invertebrados como esponjas, moluscos y corales. Asimismo, el alto contenido de sedimentos de carbonato de calcio del contenido estomacal (65 - 95 %) sugiere que las algas epi y endolíticas constituyen la principal fuente de alimento de estas especies (McClanahan & Muthiga, 2007).

En el sureste del Caribe y el noriente de Venezuela, la surgencia costera está asociada con la velocidad de los vientos alisios, durante los primeros meses del año. La intensidad y propagación de este fenómeno es considerable y se extiende cerca de 200 000 km², contribuyendo a establecer una de las zonas más productivas del Mar Caribe (Penchaszadeh et al., 2000). Es posible que la variabilidad ambiental afecte la disponibilidad de alimento de muchos invertebrados marinos, incluyendo a los equinoideos. Además de ello, el desconocimiento de la dieta de *E. lucunter* puede representar una limitación para los programas de cultivo en el medio ambiente y en sistemas cerrados, siendo el objetivo de este trabajo caracterizar el contenido estomacal, cuantificar el índice de llenado del contenido estomacal, y sus relaciones con la disponibilidad de macroalgas y las oscilaciones asociadas a los períodos de surgencia costera y estratificación del Golfo de Cariaco, que potencialmente puedan usarse para proponer dietas para acondicionamiento de ejemplares en cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de ejemplares: Mensualmente entre junio 2010 y agosto 2011, se recolectaron en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela (10° 27' 30" N - 64° 01' 52" W) aproximadamente a la misma hora en la mañana cinco ejemplares de *E. lucunter* con diámetro de testa promedio de 41.04 ± 6.60 mm. Para facilitar la identificación de los ítems alimenticios, se tomaron mensualmente al azar, de la zona de colecta de los erizos, las macroalgas contenidas en tres cuadrantes de 0.25 m². Las muestras se llevaron al laboratorio

en contenedores isotérmicos para su procesamiento inmediato.

Procesamiento de las macroalgas: En el laboratorio las macroalgas se identificaron y clasificaron taxonómicamente usando las claves de Taylor (1960), Chapman (1961, 1963), Joly (1967), Lemus (1979, 1984), Aponte (1985) y Wynne (2011). Una vez clasificadas se ubicaron en los grupos morfo-funcionales: filamentosas, sifonales, macrófitas corticadas, calcáreas y foliáceas (Steneck & Dethier, 1994). De cada especie vegetal, se obtuvo la masa seca (g), deshidratando a 60 °C por 48 h, hasta masa constante con ± 0.0001 g de apreciación. Con estos datos se obtuvo la biomasa mensual de cada especie de macroalga (g m⁻²).

Análisis del contenido estomacal: Se determinó la masa fresca total de los erizos con una balanza analítica (0.0001 g de apreciación), se extrajo el estómago por incisión en el polo oral, se obtuvo su masa fresca y se preservó en formalina (10 %). La abundancia de cada ítem alimenticio en el estómago se analizó por el método de recuento de puntos, colocando una porción del contenido estomacal en una cápsula de Petri marcada con una rejilla cuadrículada de 25 mm² con líneas separadas cada 5mm, en la que se contó la fracción de alimento ubicada en las intercepciones de la cuadrícula para obtener la frecuencia absoluta. La identificación de los ítems alimenticios se realizó usando un estereomicroscopio y para la clasificación de invertebrados y macroalgas se usaron claves taxonómicas. De cada estómago se analizaron cinco muestras con el fin de asegurar la consistencia de los resultados (Cobb & Lawrence, 2005).

Índice de llenado (ID): La condición fisiológica del intestino, se analizó por el índice de llenado (ID), el cual permite obtener una medida indirecta de la ingestión, según la relación $ID = (\text{masa húmeda del estómago} / \text{masa húmeda total}) \times 100$ (Cobb & Lawrence, 2005).

Análisis estadístico: Para el análisis estadístico los meses se clasificaron según la

productividad primaria en: surgencia (< 24 °C) y estratificación (> 24 °C) (Pirela-Ochoa et al., 2007), con el propósito de comparar las diferencias mensuales entre las categorías de los tipos de alimentos y el ID usando una prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 2010). Las diferencias significativas se establecieron con $P < 0.05$.

RESULTADOS

Inventario de macroalgas y biomasa: En la Ensenada de Turpialito se identificaron dos

Cyanobacterias (2) y macroalgas de los Phyla: Rhodophyta (45), Heterokontophyta (11) y Chlorophyta (15). La biomasa mensual para cada especie de macroalga fue variable, con los valores más altos para *Halimeda opuntia* (56.5 g m⁻²) (Chlorophyta), *Acanthophora spicifera* (15.9 g.m⁻²) (Rhodophyta), *Sargassum vulgare* (15.3 g m⁻²) (Heterokontophyta), *Centroceras clavulatum* (12.3 g m⁻²) (Rhodophyta), *Dictyota bartayresiana* (8.33 g m⁻²) (Heterokontophyta) y *Jania adhaerens* (7.19 g m⁻²) (Rhodophyta), registrándose un total de 200.5 g m⁻² (Cuadro 1) con un promedio anual de 13.4

CUADRO 1
Biomasa mensual (g m⁻²) de las macroalgas en la Ensenada de Turpialito

TABLE 1
Monthly average biomass values (g m⁻²) from Ensenada de Turpialito

Especies/Meses	2010						2011						Total			
	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.		Jun.	Jul.	Ago.
<i>Halimeda opuntia</i>	5.87	14.4		7.18	3.87	13	5.65		5.67			0.06	0.86	0.01		56.5
<i>Acanthophora spicifera</i>				1.75			0.32		0.26	2.9		0.59	0.1	7.12	2.9	15.94
<i>Sargassum vulgare</i>		4.9			3.07	2.46	0.96	2.52	1.18		0.07	0.02		0.14		15.28
<i>Centroceras clavulatum</i>	3.81	1.12	0.4	0.41	0.06	2.36	1.74	1.37	0.62		0.08	1.01	1.06		2.05	12.26
<i>Dictyota bartayresiana</i>		1.8	0.7		0.32	5.2				0.02			0.25	0.07		8.33
<i>Jania adhaerens</i>	0.38			2.01	0.32		0.46		0.42		0.36		0.61	2.63		7.19
<i>Padina boergesenii</i>			0.4			2.76	1.28	0.19	0.46		0.1		1.31			6.46
<i>Gracilaria intermedia</i>						0.33			0.52	3.07	0.47		0.13	1.92		6.44
<i>Dictyota cervicornis</i>	1.31			3.92			1.04				0.04			0.02	0.01	6.34
<i>Boodlea composita</i>	1.23	0.57		0.34	0.51	0.32		1.54	0.39			0.21	0.69		0.09	5.89
<i>Caulerpa racemosa</i>	0.57		1.1	0.24			0.62	0.38		0.54	1.21		0.76		0.36	5.76
<i>Valonia ventricosa</i>			0.1	0.04					0.17	0.23	0.4	4.02		0.64	0.19	5.75
<i>Dictyota pulchella</i>	2.44			1.62	0.74			0.38	0.14			0.18				5.5
<i>Hypnea spinella</i>	0.17	0.61					0.3	0.06	0.16		1.01	0.73			2.36	5.4
<i>Ceramium cimbricum</i>		0.03				0.24			0.23	1.52	0.7	0.19	0.17	1.08	0.71	4.87
<i>Spyridia filamentosa</i>		0.34			0.14				1.06		0.36	2.35			0.43	4.68
<i>Gelidium pusillum</i>								0.57	3.87	0.01						4.45
<i>Herposiphonia tenella</i>	0.03	0.71	0.1			0.18	0.11	0.32	0.12	0.18	0.07		0.04	1.29		3.13
<i>Sphacelaria tribuloides</i>	0.08		0.2	0.15	0.07		0.06	0.04	0.15	0.24	0.19		0.48	0.46		2.16
<i>S. novae-hollandiae</i>		0.18	0.1	0.57			0.42	0.01	0.02	0.2		0.42	0.06		0.09	2.08
<i>Laurencia microcladia</i>	0.52			0.32		0.28		0.36		0.21			0.15			1.84
<i>Caulerpa sertularioides</i>		0.24	0.7	0.36		0.22				0.07				0.02		1.63
<i>Hypnea musciformis</i>			0.4		0.64					0.13	0.16		0.24	0.02		1.62
<i>Palisada perforata</i>		0.3			0.41							0.77		0.12		1.6
<i>Cladophora vagabunda</i>	0.13					0.07				0.23					0.38	0.81
<i>Polysiphonia subtilissima</i>					0.06						0.18	0.36	0.06	0.07	0.05	0.78
<i>Ulva intestinalis</i>		0.02	0.1			0.01		0.18	0.02	0.19	0.24		0.01			0.68
<i>Herposiphonia bipinnata</i>			0.4	0.06		0.05			0.11			0.06				0.66
<i>Bryopsis plumosa</i>		0.02								0.17		0.3	0.16			0.65
<i>Ceramium flaccidum</i>				0.09	0.04			0.01	0.05		0.29			0.16		0.64
<i>Gymnogongrus tenuis</i>				0.45						0.01		0.14			0.02	0.62

CUADRO 1 (Continuación) / TABLE 1 (Continued)

Especies/Meses	2010						2011						Total			
	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.		Jun.	Jul.	Ago.
<i>Callithamnion</i> sp.			0.3								0.32					0.59
<i>Phyllocladon anastomosans</i>	0.12				0.09					0.06		0.29				0.56
<i>Polysiphonia denudata</i>			0				0.26		0.03	0.02	0.1	0.01		0.01		0.47
<i>Chondria dasyphylla</i>							0.34				0.03			0.1		0.47
<i>Chaetomorpha gracilis</i>		0.02	0.1	0.04				0.24	0.03							0.43
<i>Wrangelia argus</i>				0.08	0.17					0.03				0.07		0.38
<i>Hincksia mitchelliae</i>				0.1	0.07	0.13			0.06		0.02					0.38
<i>Ulva rigida</i>	0.02		0.2	0.05			0.03		0.12						0.01	0.38
<i>Cladophora montagneana</i>				0.03	0.05						0.01	0.14	0.02		0.04	0.29
<i>Bryocladia thyrsgera</i>	0.13				0.07						0.04	0.02				0.26
<i>Taenioma nanum</i>		0.01						0.01			0.14			0.05	0.03	0.24
<i>Chaetomorpha brachigona</i>		0.01		0.01						0.04		0.02	0.01			0.09
																200.5

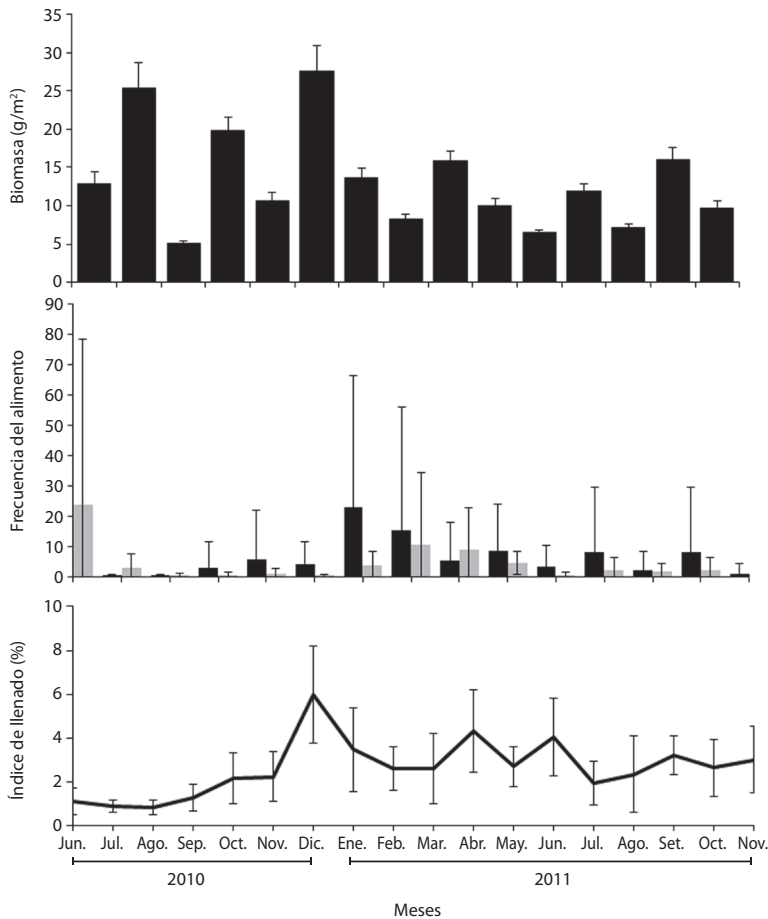


Fig. 1. Se señalan los valores mensuales promedio y desviación estándar de la biomasa de macroalgas (g m^{-2}) (A), la frecuencia absoluta promedio de alimento ingerido (B), y el índice de llenado (C). Barra oscura; vegetales, barra clara; invertebrados.

Fig. 1. Macroalgae biomass, monthly average values and standard deviation (bars) (g m^{-2}) (A) Ingested food frequency (B). Solid bar; macroalgae, soft bar; invertebrates. Repletion index (C).

± 6.63 g m⁻²: El valor máximo de biomasa se observó en noviembre 2010 (60.4 g m⁻²) y el mínimo en agosto (5.15 g m⁻²) (Fig. 1 A).

Análisis del contenido estomacal: Los items alimenticios se separaron en vegetales e invertebrados. Se identificaron dos especies de Cyanobacteria y 31 especies de macroalgas, distribuidas en los Phylla: Rhodophyta (16), Heterokontophyta (3) y Chlorophyta (12) (Cuadro 2). Entre los grupos morfo-funcionales, predominaron las filamentosas (18), seguidas

por las sifonales (5), macrófitas corticadas (4), calcáreas (3) y foliáceas (3). La mayor frecuencia absoluta se obtuvo para las macroalgas filamentosas *Sphacelaria* sp. (546) y *Herposiphonia* sp. (441) y la foliácea *Dictyota* sp. (410). También se observaron restos del pasto marino *Thalassia testudinum* (Cuadro 3). Los invertebrados consumidos con mayor frecuencia fueron poríferos (155), moluscos bivalvos (70) y crustáceos cirrípedos (65), con tendencia a presentar mayor ocurrencia de invertebrados entre diciembre y junio (Cuadro 4).

CUADRO 2
Inventario de macroalgas de la Ensenada de Turpialito

TABLE 2
Macroalgae from Ensenada de Turpialito

DIVISION CYANOBACTERIA	
<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Rivularia</i> sp.
PHYLLUM RHODOPHYTA	
<i>Acanthophora spicifera</i> (Vahl) Børgesen	<i>Grateloupia filicina</i> (Lamouroux) C. Agardh
<i>Acrochaetium</i> sp.	<i>Gymnogongrus tenuis</i> J. Agardh
<i>Aglaothamnion cordatum</i> (Børgesen) Feldman-Mazoyer	<i>Herposiphonia bipinnata</i> Howe
<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) Lamouroux	<i>Heterosiphonia gibbesii</i> (Harvey) Falkenberg
<i>Asparagopsis taxiformis</i> (Delile) Trevisan	<i>Herposiphonia tenella</i> (C. Agardh) Ambronn
<i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne	<i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützing
<i>Bostrychia tenella</i> (Lamouroux) J. Agardh	<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux
<i>Bryocladia thyrsgera</i> (J. Agardh) Schmitz	<i>Jania adhaerens</i> Lamouroux
<i>Callithamnion</i> sp.	<i>Laurencia microcladia</i> Kützing
<i>Ceramium flaccidum</i> (Harvey ex Kützing) Ardissonne	<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) Lamouroux
<i>Centroceras clavulatum</i> Kützing, 1841	<i>Lithothamnion</i> sp.
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh	<i>Murrayella pericladus</i> (C. Agardh) Schmitz
<i>Dichotomaria marginata</i> (Ellis & Solander) Lamarck	<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W. Nam
<i>Erythrotrichia carnea</i> (Dilwyn) J. Agardh	<i>Polysiphonia denudata</i> (Dillwyn) Greville ex Harvey
<i>Galaxaura rugosa</i> (Ellis & Solander) Lamouroux	<i>Polysiphonia subtilissima</i> Montagne
<i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolle	<i>Stylonema alsidii</i> (Zanardini) Drew
<i>Gracilaria intermedia ganesana</i> Gurgel, Fredericq & Norris	<i>Taenioma nanum</i> (Kützing) Papenfuss
DIVISION HETEROKONTOPHYTA	
<i>Asteronema breviarticulatum</i> Ouriques & Bouzon	<i>Hincksia</i> Gray, 1864
<i>Dictyota bartayresiana</i> Lamouroux	<i>Padina boergesenii</i> Allender & Kraft
<i>Dictyota cervicornis</i> Kützing	<i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh
<i>Dictyota pulchella</i> Hörnig & Schnetter	<i>Sphacelaria novae-hollandiae</i> Sonder
<i>Feldmannia</i> sp.	<i>Sphacelaria tribuloides</i> Meneghini
DIVISION CHLOROPHYTA	
<i>Boodlea composita</i> (Harvey) Brand	<i>Ectocarpus rallsiae</i> Vickers
<i>Bryopsis plumosa</i>	<i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux
<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützing	<i>Phyllocladion anastomosans</i> (Harvey) Kraf & Wynne
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh	<i>Ulva fasciata</i> Delile
<i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G. Gemelin) Howe	<i>Ulva flexuosa</i> subsp. <i>flexuosa</i> Wulfen
<i>Chaetomorpha antennina</i> (Bory) Kützing	<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus
<i>Chaetomorpha brachygona</i> Harvey	<i>Ulva rigida</i> C. Agardh
<i>Chaetomorpha gracilis</i> Kützing	<i>Valonia ventricosa</i> J. Agardh
<i>Cladophora montagneana</i> Kützing	
<i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) C. Hoek	

CUADRO 3

Frecuencia de ocurrencia mensual de macroalgas e invertebrados en el estómago.
Se indica el grupo morfo-funcional de las macroalgas

TABLE 3

Summary from the frequency of macroalgae and invertebrates found in *Echinometra lucunter* stomach at Turpialito. Morpho-functional groups of the macroalgae are indicated

Especie / Mes	2010									2011						Total	Tipo
	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.		
<i>Sphacelaria</i> sp.	53			7	68	14	129	116	28	30	33	36	32			546	Filam.
<i>Herposiphonia</i> sp.	43			21	63	9	65	1	58	63	19	83	13	3		441	Filam.
<i>Dictyota</i> sp.	70		2	38		10	66	197	4	20		3			410	Foliác.	
<i>Gelidium pusillum</i>	10	1	2	29	29	11	96	37	14	22	11	96	1	2	361	Macróf.	
<i>Oscillatoria</i> sp.	1					3	187	5	3	19	8	9	8		243	Filam.	
<i>Jania capillacea</i>	17	1		1	8	13	78	15	34	45	5	9	7		233	Calcár.	
<i>Halimeda opuntia</i>							56		21	26	13	13	5		134	Calcár.	
<i>Amphiroa</i> sp.	22							84	2			2			110	Calcár.	
<i>Laurencia</i> sp.							40							32	4	76	Macróf.
<i>Centroceras clavulatum</i>	3			1			24	2		39		2			71	Filam.	
<i>Ulva</i> sp.	16			2	2	1	10	10		5	9	2	3		60	Filam.	
<i>Cladophora</i> sp. 1	7			4	11	6	6	7	6	6	6				53	Filam.	
<i>Taenioma nanum</i>	5							36		4				5	50	Filam.	
<i>Ceramium</i> sp.	1				1	3	34				1	2		2	44	Filam.	
<i>Acanthophora spicifera</i>								2						13	18	33	Macróf.
<i>Ulva flexuosa</i>		3		2	2	4	7		8	2					28	Foliác.	
<i>Hincksia</i> sp.					9	4		4					2	7	1	27	Filam.
<i>Caulerpa sertularioides</i>						6	4				6	9			25	Sifon.	
<i>Chaetomorpha</i> sp.	3			1	2	3	3	4	4		1		2		23	Filam.	
<i>Polysiphonia</i> sp.	5				6	1	1			4			2	1	3	23	Filam.
<i>Rivularia</i> sp.	1							1						8	6	16	Filam.
<i>Boodlea composita</i>				1		2				3	2	1			9	Sifon.	
<i>Ceramium dawsonii</i>							8								8	Filam.	
<i>Phyllocladon anastomosans</i>	4					2		1							7	Sifon.	
<i>Callithamnion</i> sp.										4	1	1			6	Filam.	
<i>Thalassia testudinum</i>							1			2	1	2			6		
MACROALGAS																	
Especie / Mes	2010									2011						Total	Tipo
	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.		
<i>Gracilaria</i> sp.											4				4	Macróf.	
<i>Bryopsis</i> sp.							1			1			0	2	0	4	Sifon.
<i>Caulerpa racemosa</i>								3								3	Sifon.
<i>Cladophora</i> sp. 2							2		1							3	Filam.
<i>Stylonema alsidii</i>		2						1								3	Filam.
<i>Aglaothamnion cordatum</i>							1					1				2	Filam.
<i>Chaetomorpha gracilis</i>								1								1	Filam.
<i>Wrangelia argus</i>	1															1	Filam.

La frecuencia de macroalgas osciló mensualmente entre 0.12 y 22.79 (6.0 ± 6.14) y de invertebrados entre 0 y 10.50 (4.2 ± 6.27). Las frecuencias mensuales para las macroalgas fueron bajas entre junio-noviembre, incrementando en diciembre y enero 2011, seguidos de un descenso hasta agosto, en tanto que los invertebrados presentaron mayores frecuencias en

enero 2010 y enero 2011. Se obtuvieron diferencias significativas entre el contenido vegetal y animal, registrando la mayor frecuencia de ingestión desde diciembre 2010 hasta marzo 2011; el material vegetal fue el más ingerido en todos los meses; excepto en junio-julio 2010 y febrero 2011 (Fig. 1 B), detectándose diferencias significativas en relación a las categorías



CUADRO 4

Frecuencia absoluta de invertebrados en el contenido estomacal de *Echinometra lucunter*

TABLE 4
Invertebrate absolute frequency found in *Echinometra lucunter* stomach

Especie / Mes	INVERTEBRADOS														Total	
	2010							2011								
	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.		Ago.
Porifera	135	5		1		1	1	11	2	3						155
Mollusca	1				5		2	59	1	1			1			70
Cirripeda	3			1			4	34	10	2			1	10		65
Briozoa	4	12	2	2			2	4	16	8	1	10	1			62
Foraminifera						1	13		1	5	1			3		24
Hydrozoa												3				3
Promedio	23.83	2.83	0.33	0.67	0.83	0.33	3.67	10.50	9.00	4.50	0.67	2.17	1.67	2.17		63.17

alimenticias entre los períodos de surgencia costera y estratificación (KW = 6.47; $p < 0.05$).

Índice de llenado del estómago (ID):

El ID osciló entre 0.8 y 6.0% (2.6 ± 1.21 %), siendo más elevado en diciembre 2010 (6.0 ± 2.21 %), y en abril (4.3 ± 0.34 %) y junio 2011 (4.0 ± 1.79 %); con valores mínimos en julio (0.8 ± 0.27 %) y agosto 2010 (0.8 ± 0.34 %). Se detectaron diferencias significativas entre los meses de muestreo (Fig. 1 C).

DISCUSIÓN

De la variedad de algas identificadas en la Ensenada de Turpialito, solo la mitad de ellas se encontraron en el tracto digestivo de *E. lucunter*, con predominio un pequeño grupo de algas rojas filamentosas, algas pardas y cianobacterias. Entre los ítems alimenticios son frecuentes las macroalgas de hojas suculentas, y con frecuencia algas calcáreas que tienen un papel fundamental para el crecimiento aportando el carbonato de calcio para la testa y el aparato masticador. Es posible que las macroalgas que no son consumidas tengan metabolitos de composición química con baja palatabilidad. Se ha reportado que algunas elaboran sustancias alelopáticas, o forman cojinetes fuertemente adheridos al sustrato (*Gelidium crinale*), impidiendo que sean consumidas por los herbívoros. Por ejemplo, *Ulva lactuca*, *Caulerpa prolifera* y *Cladophora* sp., producen

sustancias de defensa que no son palatables y a las que posiblemente es sensible *E. lucunter* (Erickson et al., 2006). En otras especies de erizos como *Diadema antillarum* consume relativamente poco a *Laurencia obtusa* y varias especies de *Dictyota*, sugiriendo que sus metabolitos secundarios actúan como mecanismos de defensa (McClanahan & Muthiga, 2007). La baja preferencia de *Lytechinus variegatus* en Playa Rasa (Brasil) por las algas rojas *Plocamium brasiliense* y *D. menstrualis* se debe a los metabolitos secundarios halogenados. Sin embargo, la morfología de *C. racemosa*, *Ulva* sp., *Osmundaria obtusiloba* y *Sargassum* sp. favoreció su ingestión (Ferreira, Santos de Oliveira & Crespo, 2008).

La biomasa de macroalgas osciló mensualmente en la Ensenada de Turpialito, alcanzando bajas densidades, y es posible que los erizos se vean forzados a ingerir algas coralinas incrustadas, algas desprendidas e invertebrados, como fue reportado para *L. variegatus* en las costas de Florida (Cobb & Lawrence, 2005) y Brasil (Ferreira et al., 2008), y *Paracentrotus lividus* en el Mediterráneo (Murillo-Navarro & Jiménez-Guirado, 2012). En el contenido estomacal de *E. lucunter* se observó una elevada frecuencia del alga calcárea articulada *Jania capillacea*, y aunque es conocido que la calcificación causa que los erizos eviten muchas macroalgas coralinas e incrustadas, posiblemente la consuman por su textura delgada (Boudouresque & Verlaque, 2007). En el contenido estomacal

de *Tripneustes ventricosus* de Isla La Tortuga, Venezuela, se observaron las algas calcáreas *Hydrolithom* sp. y *J. capillacea*, sugiriendo que pueden ser importantes en el metabolismo del calcio (Barrios & Reyes, 2008). Una vez conocida la dinámica de la alimentación es recomendable, conocer los tipos de enzimas digestivas y el balance energético, para descifrar la importancia de los ítems alimenticios en el desarrollo y crecimiento de esta especie.

Los valores más altos del ID entre diciembre-febrero indican que el consumo de alimentos pudiera estar favorecido por las condiciones ambientales de disponibilidad de nutrientes con el período de surgencia costera (Lodeiros & Himmelman, 2000), coincidiendo con las mayores categorías alimenticias encontradas en los estómagos durante este período. La Ensenada de Turpialito muestra una elevada producción fitoplanctónica durante estos meses, simultáneamente con bajas temperaturas por lo que es probable que la mayor frecuencia de ítems ingeridos, se encuentre relacionado con la mayor productividad de la zona. Los índices bajos durante la estratificación permiten inferir que Turpialito se comporta como un sitio nutricional de baja disponibilidad de alimentos, siendo este índice tiempo-dependiente con la ingesta de alimento (Murillo-Navarro & Jiménez-Guirado, 2012).

El erizo negro es un omnívoro oportunista, que se alimenta de *T. testudinum*, una amplia variedad de macroalgas e invertebrados, que lo ubica como un excelente control biológico de organismos que crecen sobre estructuras sumergidas incrementando el peso, causan pérdidas económicas de los cultivos, además de competir por el alimento de moluscos obstruyendo el flujo del agua (Lodeiros & García, 2004). *E. lucunter* es de hábitos alimenticios típicos de un invertebrado herbívoro, que ingiere con frecuencia poríferos y otros invertebrados, lo cual puede tener relación con la selección según su textura y palatabilidad (McClanahan & Muthiga, 2007). Es posible que esta especie tenga preferencia por algún alimento, siendo recomendable evaluar dietas o debido a limitaciones en la

locomoción ingiere el que esté al alcance. En un ámbito más amplio, sería interesante evaluar las preferencias alimentarias, tomando como punto de partida las poblaciones del Golfo de Cariaco donde hay diferentes ambientes que contribuirían a comprender su biología, desarrollar protocolos de acondicionamiento para la reproducción y el engorde, dada la importancia adquirida del consumo fresco de las gónadas y su potencial para la acuicultura.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto LOCTI “*Estudio poblacional y factibilidad del cultivo de erizos en el noroeste de Venezuela*” inscrito en el Sistema para la Declaración y Control del Aporte-Inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación (SIDCAI) 2010-2011 en convenio de la Fundación para la Acuicultura en el estado Sucre (FIDAES) y la empresa Industrial Oriente. Al proyecto PEII, No. 2012000236 “*Evaluación poblacional del erizo Echinometra lucunter y su factibilidad de cultivo en las costas del estado Sucre, Venezuela*” 2012-2014. Se agradece el apoyo técnico e institucional de la EHT-IOV-UDO, IIBCAUDO y CIEG-UDO. JLRL obtuvo una subvención de una Beca para realizar estudios de Doctorado, en el marco de la Misión Ciencia y El Plan de Desarrollo de Talento Humano de Alto Nivel, FONACIT 2007.

RESUMEN

Mensualmente entre junio 2010 y agosto 2011 en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela, se recolectaron macroalgas e identificaron, y ejemplares de *Echinometra lucunter* con diámetro de testa 41.04 ± 6.60 mm para examinar el contenido estomacal y el índice de llenado. Se identificaron 65 especies de macroalgas, pertenecientes a los Phylla Rhodophyta, Heterokontophyta y Chlorophyta. La mayor biomasa anual la presentaron *Halimeda opuntia* (56.5 g.m^{-2}), *Acanthophora spicifera* (15.94 g.m^{-2}), *Sargassum vulgare* (15.28 g.m^{-2}) y *Centroceras clavulatum* (12.26 g.m^{-2}). Los ítems alimenticios más frecuentes fueron las macroalgas filamentosas: *Sphacelaria* sp. (546) y *Herposiphonia* sp. (441) y la foliácea *Dictyota* sp. (410), y entre los invertebrados esponjas (155), moluscos bivalvos (70) y crustáceos cirripedos (65). El ID osciló entre 0.8 y 6.0% (2.6 ± 1.21 %), con máximos en diciembre

2010 (6.0 ± 2.21 %), abril (4.3 ± 0.34 %) y junio 2011 (4.0 ± 1.79 %), con oscilaciones mensuales asociadas a los periodos de surgencia y estratificación. El conocimiento de las características principales de la dieta, es necesaria para proponer planes de cultivo y de conservación de la especie.

Palabras clave: Contenido estomacal, dieta, *Echinometra lucunter*, macroalgas, surgencia.

REFERENCIAS

- Astudillo, D., Rosas J., Velásquez A., Cabrera T., & Manero, C. (2005). Crecimiento y supervivencia de larvas de *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) alimentadas con las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana*. *Revista de Biología Tropical*, 53(Supl. 3), 377-344.
- Barrios, J. & Reyes, J. (2008). Hábitos alimenticios de *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata, Echinoidea) en Isla Tortuga, Venezuela. *Foro Iberoamericano de Recursos Marinos y Acuicultura*, 2, 583-589.
- Boudouresque, C., & Verlaque, M. (2007). Ecology of *Paracentrotus lividus*. In J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 243-285). Amsterdam: Elsevier.
- Chapman, V. (1961). The marine algae of Jamaica. Part I. Myxophyceae and Chlorophyceae. *Bulletin of the Institute of Jamaica, Science Series*, 12, 1-159.
- Chapman, V. (1963). The marine algae of Jamaica. Part II. Phaeophyceae and Rhodophyceae. *Bulletin of the Institute of Jamaica, Science Series*, 10, 1-201.
- Cobb, J., & Lawrence, J. (2005). Diets and coexistence of the sea urchins *Lytechinus variegatus* and *Arbacia punctulata* (Echinodermata) along the central Florida gulf coast. *Marine Ecology Progress Series*, 295, 171-182.
- Cruz-Motta, J. (2007). Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litales rocosos de Venezuela. *Ciencias Marinas*, 33, 133-148.
- Erickson, A., Paul, V., Van Alstyne, K., & Kwiatkowski, L. (2006). Palatability of Macroalgae that Use Different Types of Chemical Defenses. *Journal Chemical Ecology*, 32, 1883-1895.
- Espinoza, R., Reyes, J., Himmelman, J., & Lodeiros, C. (2008). Actividad reproductiva de los erizos *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) en relación con factores ambientales en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 56(Supl. 3), 341-350.
- Ferreira, C., Santos de Oliveira, A., & Crespo, R. (2008). Feeding preference of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) on seaweeds. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56, 239-247.
- Hendler, G., Miller, J., Pawson, D., & Porter, K. (1995). *Sea Stars, Sea Urchins, and Allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Joly, A. (1967). *Géneros de algas marinhas da costa Atlântica latino-americana*. Brasil: Edit. Universidad de São Paulo.
- Lawrence, J., Lawrence, A., & Watts, S. (2007). Feeding, digestion, and digestibility. In J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 135-158). Amsterdam: Elsevier.
- Lemus, A. (1979). Las algas marinas del Golfo de Paria, Venezuela. I. Chlorophyta y Phaeophyta. *Boletín del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Oriente*, 18, 17-36.
- Lemus, A. (1984). Las algas marinas del Golfo de Paria, Venezuela. II. Rhodophyta. *Boletín del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Oriente*, 23, 55-112.
- Lodeiros, C., & Himmelman, J. (2000). Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182, 91-114.
- Lodeiros, N., & García, N. (2004). The use of sea urchins to control fouling during suspended culture of bivalves. *Aquaculture*, 231, 293-298.
- Martínez, A. (1986). Equinodermos de la Isla de Aves, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Oriente*, 25, 195-213.
- McClanahan, T., & N. Muthiga. (2007). Ecology of *Echinometra*. In J. M. Lawrence (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Amsterdam: Elsevier.
- Murillo-Navarro, R., & D. Jiménez-Guirado. (2012). Relationships between algal food and gut and gonad conditions in the Mediterranean sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lam.). *Mediterranean Marine Science*, 13, 227-238.
- Penchaszadeh, P., León, C., Álvarez, H., Bone, D., Castellano, P., Castillo, M., ... Villamizar, A. (2000). Venezuela. In C. R. Sheppard (Ed.), *Seas at the Millenium; an Environmental Evaluation, Vol. I.* (pp. 620-662). Pergamon: Oxford.
- Pirela-Ochoa, E., Troccoli, L., & Hernández-Ávila, I. (2008). Hidrografía y cambios en la comunidad del microfitoplancton de la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Oriente*, 47, 3-16.
- Schoppe, S., & Werding, B. (1996). The boreholes of the sea urchin genus *Echinometra* (Echinodermata: Echinoidea: Echinometridae) as microhabitat in tropical

- South America. *P. S. Z. N. I. Marine Ecology*, 17, 181-186.
- Steneck, R., & Dethier, M. (1994). A functional group approach to the structure of algal dominated communities. *Oikos*, 69, 476-498.
- Taylor, W. (1960). *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the Americas*. Michigan: Lord Baltimore Press, INC., Universidad de Michigan.
- Wynne, M. (2011). A check-list of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. *Nova Hedwigia*, 140, 1-166.
- Zar, J. (2010). *Biostatistical Analysis*. USA: Pearson Education.
- Zoppi, E. (1967). Contribución al estudio de los equinodermos de Venezuela. *Acta Biológica de Venezuela*, 5, 267-283.