

## **Diversidad genética en el Atlántico templado oriental: el caso de una angiosperma marina *Zostera noltii***

MARIANO HERNÁNDEZ FERRER<sup>1</sup> & M<sup>a</sup> CANDELARIA GIL-RODRÍGUEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Área de Genética. Universidad de La Laguna. Facultad de Biología.*

<sup>2</sup> *Área de Botánica. Universidad de La Laguna. Facultad de Farmacia.  
Universidad de La Laguna. 38071 La Laguna. Tenerife. Islas Canarias*

HERNÁNDEZ FERRER, MARIANO & GIL-RODRÍGUEZ, M<sup>a</sup> CANDELARIA (2009). Genetic diversity in the temperate eastern Atlantic: the case of a marine angiosperm *Zostera noltii*. *VIERAEA* 37: 29-40.

**ABSTRACT:** The few remaining specimens living on the *Zostera noltii* Hornemann meadow are individual clones and unique representatives of the taxon in the Canary Islands. With a view to restoring the ecosystem of Marina de Arrecife (Lanzarote), three different samples from angiosperm meadows are genetically compared, which are separated enough from each other in the temperate eastern Atlantic ocean. From a genetic viewpoint, the main aim is to find out whether there are or not any differences between populations living in the Canary Islands (Lanzarote), Spain (Cadiz) and NW Africa (Mauritania, Banc d'Arguin).

**Key words:** Canary Islands, genetic characterization, Magnoliophyta, Mauritania, microsatellite, Spain, *Zostera noltii*.

**RESUMEN:** Los escasos ejemplares que subsisten de la antigua pradera de *Zostera nolti* Hornemann de Arrecife (Lanzarote), son individuos clónicos y únicos representantes del taxón en el archipiélago Canario. Con vistas a un plan de actuación para recuperar el ecosistema de La Marina de Arrecife, se comparan genéticamente muestras de tres praderas de la angiosperma, suficientemente distanciadas, en el Atlántico templado oriental. Se trata de conocer, desde un punto de vista genético, si existen diferencias entre poblaciones situadas en el archipiélago Canario (Lanzarote), Península Ibérica (Cádiz) y NO de África (Mauritania, Banc d'Arguin).

**Palabras clave:** Caracterización genética, islas Canarias, Mauritania, microsatélites, Península Ibérica, *Zostera noltii*.

## INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras se encuentran entre los ecosistemas más productivos del planeta (Mann 1973) a pesar de que, en términos globales, estas ocupan sólo alrededor del 1% de la superficie oceánica. Las elevadas tasas de productividad de las fanerógamas marinas hacen que estos lugares sean uno de los ecosistemas acuáticos más productivos. La contribución de los macrófitos bentónicos (algas y fanerógamas marinas) se ha estimado entre el 40% y el 90% de la producción primaria total de los sistemas litorales (Valiela 1995).

El papel ecológico de las praderas de fanerógamas marinas es primordial para el ecosistema, se establecen en enclaves particulares favoreciendo la estabilización del sedimento e impidiendo los grandes desprendimientos, protegiendo, de este modo, la flora microbiana presente en el sedimento (Duarte & Cebrian 1996; Jackson *et al.* 2001; Polte *et al.* 2006; Schaffmeister *et al.* 2006). En los ecosistemas en los que se desarrollan, las fanerógamas pueden actuar tanto en el control como en la modificación de los mismos; entre sus múltiples funciones estructurales y energéticas destaca la función de ofrecer soporte físico a un gran número de algas e invertebrados marinos, así como la de ser lugar de puesta de numerosas especies de invertebrados y peces (Duarte *et al.* 1988).

Las praderas de fanerógamas están experimentando una regresión a escala global, estimándose la tasa de pérdida anual de las mismas entre el 2 y el 5%, valores superiores a los registrados para los arrecifes de coral (Duarte & Gattuso 2008). La paulatina regresión de los hábitats dominados por fanerógamas marinas, como consecuencia de la eutrofización, es un hecho constatado y generalizado (Schramm & Nienhuis 1996; Duarte 2002). La elevada capacidad de las macroalgas (ej. Ulvales) de incorporar nutrientes, junto con su mayor eficiencia en el uso de la luz y su gran potencial de fotoaclimatación (Markager & Sand-Jensen 1994), contribuyen decisivamente a la proliferación de estas algas (mareas verdes). Esta capacidad contrasta con las menores tasas de crecimiento y los mayores requerimientos lumínicos de las fanerógamas marinas (Duarte 1991), por lo que se sugiere que una de las causas responsable del desplazamiento de las fanerógamas por las algas, es la reducción que sufre la irradiancia incidente en las praderas (Hemminga 1998; Short *et al.* 2001; Hemminga & Duarte 2000; Peralta *et al.* 2002; Brum *et al.* 2003).

Las praderas de fanerógamas marinas, en Europa, están sufriendo marcados declives en sus poblaciones (Espino *et al.* 2008). Las presiones e impactos generados por el hombre, la construcción de playas, diques de abrigo, etc., en definitiva la transformación del litoral es la causa primordial que, en estos momentos, está generando el gran deterioro y pérdida de estos ecosistemas.

Las praderas de *Zostera noltii*, al igual que las de otras fanerógamas necesitan para su desarrollo ciertas condiciones ambientales; sustratos blandos, de arena y/o lodo, moderado hidrodinamismo, fondos someros, aguas oligotróficas, etc.. Cuando estos cambian y alcanzan valores que exceden su rango de tolerancia, las plantas sufren estrés ambiental; si los cambios persisten o se intensifican pueden incluso deteriorarse o morir, lo que provoca su desaparición (Espino *et al.* 2008). Según Fernández & Sánchez (2006) *Zostera noltii* es sensible a incrementos de la salinidad por encima de 41‰, alcanzándose un 100% de mortalidad a 56‰.

Los estudios realizados en La Marina natural de Arrecife a finales de la década de los 80, pusieron de manifiesto la existencia de praderas muy densas del taxón en las proximidades del castillo de San Gabriel (Gil-Rodríguez *et al.* 1987). La transformación que sufrió la zona en los años posteriores, con el cierre del brazo de tierra que unía La Marina con el islote de Fermina, el aumento de vertidos contaminantes y la construcción de un aparcamiento en el islote de San Gabriel, ocasionó un importante descenso en la flora y fauna del lugar, reduciendo drásticamente la pradera a la presencia de escasos ejemplares de *Z. noltii*, y provocando la desaparición de su flora epífita (Guadalupe *et al.* 1995; Aldanondo-Aristizabal *et al.* 2005; Rumeu *et al.* 2007).

Los cambios producidos en el arrecife natural de Lanzarote durante los últimos quince años han sido considerables. Las concentraciones de fósforo, nitrógeno y materia orgánica, sin duda, han aumentado considerablemente y los fangos intermareales, antaño dominados por praderas de fanerógamas marinas de *Zostera noltii* se han visto despoblados (Aldanondo-Aristizabal *et al.* 2005). El efecto negativo de vertidos sobre la única pradera de *Z. noltii*, provocó a finales de 1990 la práctica desaparición de la población (Aguilera *et al.* 1994; Guadalupe *et al.* 1995). Esta alarmante situación llevó a incluir la planta marina en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias (BOC 2001/097) en la categoría de “Peligro de Extinción”. En la actualidad, la ligera recuperación de la especie en la zona parece estar motivada por la recirculación del agua en el sector del islote de Fermina, y por las obras de acondicionamiento en el islote de San Gabriel que interrumpieron temporalmente el tránsito de personas en la zona. Otra de las causas parece ser el control sobre los vertidos de aguas residuales e industriales que se han realizado en los últimos años. Todo ello ha contribuido a que aún permanezcan pequeños parches de la especie, con densidades de haces muy bajas, en puntos aislados de La Marina de Arrecife (Espino & Haroun 2002; Aldanondo-Aristizabal *et al.* 2005; Espino *et al.* 2008).

Por otra parte, desde algunas administraciones se propuso (año 2000 y 2006) que fuera considerada la zona de La Marina de Arrecife como Sitio de Interés Científico (SIC) para promover la protección de la zona por su interés como ecosistema natural especial, al ser el único arrecife natural de Canarias que además alberga la única población de *Z. noltii* del Archipiélago.

Con la finalidad de conocer y confrontar taxonómica y genéticamente las poblaciones más cercanas a la de Lanzarote (Canarias), se compararon ejemplares recolectados en praderas del sur de la Península Ibérica (Cádiz) y del noroeste de África (Mauritania).

## MATERIAL Y MÉTODO

### Área de estudio

Se recolectaron muestras de tres praderas considerablemente separadas entre sí. La recolección de las muestras se llevó a cabo en (Fig. 1):

1. Península Ibérica (Cádiz, Santibáñez).- Restringida al saco interno de la bahía de Cádiz (UTM 29S 0746216 / 4039588), se localiza una pradera de la fanerógama *Z. noltii*. En enero de 2009, en marea baja, se realizó un transecto desde el eulitoral alto hasta el submareal somero; las muestras se recogieron en el eulitoral alto, medio, bajo y submareal somero (Fig.3: Cádiz EA; Cádiz EM; Cádiz EB y Cádiz SS); la distancia entre cada una de los puntos muestreados fue de 100 m.

2. Islas Canarias (Lanzarote, Arrecife).- La población actual de la seba fina (Machado & Morera 2005) en La Marina de Arrecife está reducida a tres núcleos o manchas de unos pocos metros cuadrados. En la periferia de cada uno de los núcleos localizados (UTM 28R 0641509 / 3204120; UTM 28R 0641528 / 3204194; UTM 28R 0641491 / 3204167), se recolectaron ejemplares de la fanerógama (Fig. 3: Canarias, LAN1; Canarias, LAN2; Canarias, LAN3), procurando siempre la máxima separación física entre ellos.

3. Mauritania (Banc d'Arguin).- De la gran población de *Z. noltii* localizada en el Parque Nacional de Banc d'Arguin, en noviembre de 2007, se recolectaron ejemplares de *Z. noltii* (Fig.3: Mauritania, Isla de Arel, MAU 2, MAU3, MAU 4, UTM 28Q 0351819 / 2196846; Mauritania, Isla de Nair, MAU 1, MAU 5, MAU 6, UTM 28Q 0353040 / 2196776). La extraordinaria dimensión de la pradera (Fig. 2) permitió dejar siempre una separación física, entre las recolecciones, de 500-600 m.

El material recolectado fue introducido, *in situ*, en bolsas plásticas con sílica-gel para, a posteriori, realizar el análisis genético. Asimismo ejemplares representativos de las poblaciones estudiadas fueron prensados e incluidos en el herbario TFC (nº 47.438; 48.677; 48724; 48.725; 48726).



Fig. 1. Localidades muestreadas (adaptado de © 2009 Google).

### Extracción de ADN genómico

Las purificaciones del ADN genómico, se realizaron empleando el sistema comercial Dneasy Plant Mini Kit (Qiagen, Hilden, Alemania) siguiendo las instrucciones del fabricante. En todos los casos partimos de 50 mg de tejido que era triturado en Nitrógeno líquido con la ayuda de varillas de vidrio estériles. La calidad y concentración del ADN fue valorada espectrofotométricamente a 260 nm y su pureza confirmada mediante la razón A260/A280 en un NanoDrop ND-100 (NanoDrop Technologies, Inc. Wilmington, DE U.S.A.). Por último, su integridad fue valorada mediante electroforesis ( $8 \text{ v} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) en geles de agarosa al 1% durante 50 minutos utilizando Bromuro de Etidio ( $0,5 \mu\text{g} \cdot \mu\text{l}^{-1}$ ) y un transiluminador de luz UV para su visualización.



**Fig. 2.** Aspecto parcial de la pradera de *Zostera noltii* en el Parque Nacional de Banc d'Arguin, Mauritania. (Foto Dra. V.E. Martín Osorio).

### Genotipado de microsatélites

Todas las muestras fueron genotipadas para los loci: ZnB1, ZnB3, ZnB8, ZNE7, ZnF8, ZnF11 y ZnH10. La secuencia de los cebadores y la estrategia seguida para el genotipado de microsatélites se describe en Rumeu *et al.* (2007). Las condiciones de las reacciones de amplificación y los perfiles térmicos de las mismas fueron también las descritas en Rumeu *et al.* (2007), salvo que los volúmenes de reacción fueron en este caso de 25  $\mu$ l.

Los productos amplificados fueron testados mediante electroforesis en geles de agarosa al 1,7% ( $8 \text{ v} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) durante 50 minutos, teñidos con Bromuro de Etidio ( $0,5 \mu\text{g} \cdot \mu\text{l}^{-1}$ ) y visualizados en un transiluminador de luz UV.

Una dilución 1:10 de cada reacción fue sometida a electroforesis capilar en un secuenciador automático ABI 3730 (Applied Biosystems) junto a un marcador de peso molecular interno (GeneScan™ 500LIZ®; Applied Biosystems). Los electroferogramas fueron entonces analizados mediante el programa Peak Scanner v.1.0 (Applied Biosystems 2006).

Para su posterior análisis, los alelos se designaron por el tamaño del fragmento amplificado y los genotipos se recogieron en una hoja Excel.

Con el fin de poder relacionar nuestros resultados con los obtenidos por Rumeu *et al.* (2007), las muestras de estos autores fueron reanalizadas bajo nuestras condiciones.

### Análisis de la diversidad genética

Los estadísticos descriptivos de la diversidad genética dentro y entre muestras fueron calculados mediante el programa Arlequin v.3.1 (Excoffier *et al.* 2005), a excepción de la estima de la diversidad clonal que fue estimada mediante la fórmula:

$$P'd = [N_{\text{genotipos}} - 1] / [N_{\text{muestras}} - 1] \text{ (Diekmann } et al. 2005).$$

El programa DARwin ver. 5.0.157 (Perrier & Jacquemoud-Collet 2006) fue utilizado para obtener una matriz de disimilitudes en función del número de alelos compartidos, a partir de los datos genotípicos. Dicho programa estima los valores de la misma mediante la fórmula:

$$D_{ij} = 1 - [1/L \sum (m/\pi)]$$

Donde “L” es el número de loci comparados; “m” es el número de alelos idénticos entre parejas de individuos y  $\pi$  = la ploidía.

Un total de 1000 réplicas de bootstrap fueron practicadas sobre los datos. Las matrices obtenidas a partir de ellos fueron posteriormente utilizadas para la construcción de un árbol filogenético mediante el algoritmo Neighbor-Joining (Saitou & Nei 1987).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 14 individuos de *Zostera noltii* pertenecientes a 3 poblaciones (Canarias, Cádiz y Banc d'Arguin) fueron genotipados para 7 loci de microsatélites. En la Tabla 1 se muestran las frecuencias alélicas encontradas en las tres poblaciones (Cádiz, Canarias y Mauritania).

**Tabla 1** .- Frecuencias alélicas de los 7 loci de microsatélites analizados en este estudio en las poblaciones de *Zostera noltii* de Cádiz, Canarias y Mauritania.

<b>Locus</b>	<b>Alelos</b>	<b>Cádiz</b>	<b>Canarias</b>	<b>Mauritania</b>
ZnB1	104	4	-	2
	108	-	-	1
	110	-	-	2
	112	4	-	2
	114	-	3	2
	116	-	3	2
	120	-	-	1
ZnB3	186	-	3	-
	190	1	-	1
	192	-	-	2
	194	-	3	-
	196	-	-	4
	200	2	-	5
	204	1	-	-
	206	1	-	-
212	1	-	-	
ZnB8	137	-	6	12
	139	6	-	-
	145	1	-	-
	147	1	-	-

ZnE7	129	7	-	-
	137	-	-	2
	139	-	-	1
	147	-	3	4
	149	-	-	1
	153	1	-	-
	155	-	-	1
	157	-	-	1
	159	-	-	2
	164	-	3	-
ZnF8	197	-	3	-
	199	8	3	5
	201	-	-	7
ZnF11	274	1	-	-
	276	2	-	-
	278	1	3	-
	280	1	-	-
	282	3	3	12
ZnH10	158	-	3	1
	160	2	3	8
	162	2	-	3
	164	2	-	-
	176	2	-	-

A pesar del número reducido de individuos analizados, los resultados muestran una alta diversidad genética (Tabla 2) siendo el número total de alelos identificados de 44, con un promedio entre 1,9 y 3,6 alelos por locus y población.

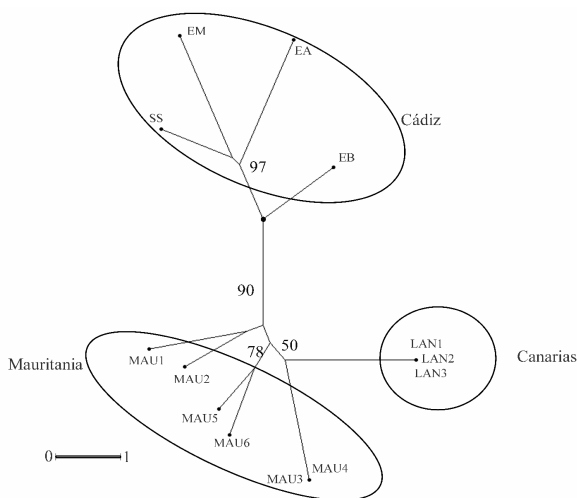
Todos los loci fueron polimórficos en todas las muestras a excepción de los loci ZnF8 y ZnB8 que fueron monomórficos en las muestras de Cádiz y de Canarias, respectivamente. La heterocigosidad promedio esperada para cada población es asimismo alta y sus valores ( $0,53 \pm 0,20$ ) están en consonancia con los encontrados en otras poblaciones de esta especie del suroeste de la Península Ibérica ( $0,57 \pm 0,02$ ) (Diekmann *et al.* 2005).

**Tabla 2.-** Estimaciones de la diversidad clonal y de la variabilidad genética para 7 loci de microsatélites en tres poblaciones de *Zostera noltii*. N: número de individuos analizados; Ng: número de genotipos; P'd: diversidad clonal; Na: Número de alelos promedio por locus; He: Heterocigosidad esperada y Ho: Heterocigosidad observada.

Población	N	Ng	P'd	Na $\pm$ e.s.	He $\pm$ e.s.	Ho $\pm$ e.s.
Cádiz	4	4	1	3,14 $\pm$ 0,60	0,56 $\pm$ 0,13	0,43 $\pm$ 0,14
Lanzarote	3	1	0	1,86 $\pm$ 0,14	0,51 $\pm$ 0,09	0,86 $\pm$ 0,14
Mauritania	6	5	0,8	3,6 $\pm$ 0,98	0,52 $\pm$ 0,15	0,55 $\pm$ 0,16

Si bien el tamaño muestral de las poblaciones no permite comprobar si las mismas se encuentran en equilibrio de Hardy-Weinberg, merece destacar que aparentemente en ningún caso existen diferencias entre la heterocigosidad esperada y observada por locus, a excepción del locus ZnH10 en la población de Cádiz, en la que los 4 individuos son homocigóticos, cada uno de ellos para un alelo distinto (Tabla 1).

En cuanto a la diferenciación interpoblacional, las distancias genéticas entre los individuos analizados, muestran una mayor relación entre las plantas de Canarias y Mauritania (Figura 3, 90% de bootstrap) que entre las plantas de cualquiera de estas dos poblaciones y las de Cádiz. Si bien nuestro estudio se reduce al análisis de sólo tres poblaciones, el patrón de diferenciación encontrado, con una mayor relación entre las poblaciones del sur, ha sido observada en estudios previos de otras poblaciones (Coyer *et al.* 2004; Diekmann *et al.* 2005). Precisamente, Coyer *et al.* (2004) comentan que una posible expansión hacia el norte tras la última glaciación, a partir de los refugios más al sur del rango de distribución de la especie, podrían explicar este hecho.



**Fig. 3.-** Árbol de neighbor-joining en el que se representan las relaciones encontradas entre las plantas analizadas en este estudio. El árbol está basado en las distancias genéticas calculadas como disimilaridades (ver texto). Sólo se muestran los valores de bootstrap superiores al 50%. EM= eulitoral medio; EA= eulitoral alto; EB= eulitoral bajo; SS= sublitoral somero; LAN=Lanzarote; MAU= Mauritania.

Por último, especial importancia adquiere el carácter clonal de los individuos de la muestra de Lanzarote ( $P^d = 0$ ) confirmado en este estudio. Este resultado contrasta con los valores de diversidad clonal encontrados en las muestras de Mauritania y Cádiz (0,8 y 1, respectivamente) y en los que prácticamente cada planta consiste en un único genotipo procedente de una semilla diferente. La alta diversidad genética encontrada para *Z. noltii* pone de manifiesto la importancia de la reproducción sexual en esta planta. El alto grado de heterocigosidad del “único individuo genético” encontrado en Canarias (heterocigótico para 6 de los 7 marcadores analizados) deja abierta una posibilidad para



intentar llevar a cabo un plan de recuperación de esta especie, que hasta no hace muchos años cubría una amplia zona de La Marina de Arrecife (Lanzarote, Canarias).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten aportar nuevos datos importantes para la recuperación de la única población presente en Canarias. El Documento de avance del “Plan de recuperación de la seba fina (*Zostera noltii*)”, elaborado por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial del Gobierno de Canarias (2007), tiene por finalidad “*Detener el declive en que se encuentra el taxón, de manera que se propicie su supervivencia de una forma sostenible*”. Para ello los objetivos propuestos a desarrollar se basaban en:

1. *Reducir las amenazas que afectan a Zostera noltii, así como establecer las medidas encaminadas a la restauración de su hábitat.*
2. *Reforzar la población natural y reintroducir en localidades potenciales.*
3. *Concienciar y sensibilizar a la ciudadanía de la singularidad e importancia del arrecife natural de La Marina y del Charco de San Ginés”.*

Dada la situación crítica (genética y ecológica) de la población de *Z. noltii* en La Marina de Arrecife, formada por individuos clónicos, lo que disminuye drásticamente la probabilidad de supervivencia ante cualquier tipo de estrés ambiental, a la vez que merma considerablemente su capacidad de recuperación, sugerimos a la administración competente que antes de establecer medidas encaminadas a reforzar la población natural con la reintroducción, mediante trasplantes y hasta no tener un conocimiento más completo de la viabilidad y repercusiones del mismo en el ecosistema, se lleve a cabo una campaña de mentalización y sensibilización a la sociedad de la singularidad e importancia del arrecife natural de La Marina.

Consideramos que de no declararlo con urgencia, Sitio de Interés Científico (SIC), para promover la protección de la zona por su interés como ecosistema natural especial, al ser el único arrecife natural del Archipiélago que además alberga la única población de la seba fina (*Z. noltii*) de Canarias, la desaparición del ecosistema de La Marina de Arrecife podría estar próximo.

Por otra parte, creemos que sería conveniente antes de tomar decisiones sobre posibles trasplantes y cultivos “in vitro”, se realice un estudio genético comparativo de las poblaciones de *Z. noltii* referenciadas para la laguna de Khnifiss o de Naila, Marruecos (Hammada 2007) con los resultados genéticos de la población de Canarias.

Ante los resultados genéticos presentados en este trabajo consideramos que el plan de recuperación “a priori”, y hasta la comparación genética con las poblaciones de la costa de Marruecos, podría establecerse en fases:

Preservar el hábitat del taxón para que la población, que en la actualidad se reproduce sólo asexualmente, pueda llegar a alcanzar un estado ideal para recurrir a la estrategia óptima de reproducción sexual.

Una vez confirma la reproducción sexual del taxón, en Canarias, obtener gametos para asegurar la continuidad de la población.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración desinteresada y apoyo logístico de: Dr. W. Wildpret de la Torre (ULL), Dr. J.L Pérez Llorente (UCA), Dra. V.E. Martín Osorio (ULL), Lcda. S. Rodríguez Núñez (Servicio de Biodiversidad del Gobierno de Canarias), Lcdo. V. Garzón Machado (ULL), Lcda. E. Aylagas (ULL) y D. J. Soto Martín. Al Dr. Brito Hernández (ULL) y al Lcdo. L. Moro Abad (Servicio de Biodiversidad del Gobierno de Canarias) por la corrección crítica del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, F., A. BRITO, C. CASTILLA, A. DÍAZ, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, A. RODRÍGUEZ, F. SABATÉ & J. SÁNCHEZ. (1994). Canarias. Economía, Ecología y Medio Ambiente. Francisco Lemus Editor. La Laguna. 361 pp.
- ALDANONDO-ARISTIZABAL, N., J. BARQUÍN & M.C, GIL-RODRÍGUEZ. (2005). Estudio preliminar de las poblaciones de *Zostera noltii* (Zosteraceae, Magnoliophyta) en Lanzarote, islas Canarias. *Vieraea*, 33:145-150.
- ALDANONDO-ARISTIZABAL, N., J.V. GONZÁLEZ, M.C, GIL-RODRÍGUEZ. & J. BARQUÍN DIEZ. (2006). Parámetros de interés medioambientales en las praderas de *Zostera noltii* (Magnoliophyta) de Lanzarote, Islas Canarias. *Rev. Acad. Canar. Cienc*, XVII (4): 13-18 (2005).
- BOC 2001/097 BOC N° 97/2001, 1/8/2001. Decreto 151/2001, de 23 de julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias.
- BRUM, F.G., I. HERNÁNDEZ, J.J. VERGARA & J. L. PÉREZ-LLORENTE. (2003). Growth, carbon allocation and proteolytic activity in the seagrass *Zostera noltii* shaded by *Ulva* canopies. *Functional Plant Biology* 30:1-9.
- COYER, J.A., O.E. DIEKMANN, E.A. SERRÁO, G. PROCACCINI, N. MILCHAKOVA, G. PEARSON, W.T.STAM & J.L. OLSEN (2004). Population genetics of dwarf eelgrass *Zostera noltii* throughout its biogeographic range. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 281:51-62.
- Den HARTONG, C. & J. KUO. (2006). Taxonomy and Biogeography of the Seagrass. In: *Seagrass Biology, Ecology and Conservation*. Larkun, A.W.D., R.J. Orth & C.M. Duarte. (Eds.) Springer. 1-23 pp.
- DIEKMANN, O.E., J.A. COYER, J.FERREIRA, J.L. OLSEN, WT. STAM, G.A. PEARSON & E.A. SERRAO. (2005). Population genetics of *Zostera noltii* along the west Iberian coast: consequences of small population size, habitat discontinuity and near-shore currents. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 290: 89-96.
- DUARTE, C. M. (1991). Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.*, 40: 363-377.
- DUARTE, C. M. (2002). The future of seagrass meadows. *Environmental Conservation* 29: 192-206.
- DUARTE, C. M, J. CEBRIAN. (1996). The fate of marine autotrophic production. *Limnol. Oceanogr.*, 41: 1758-1766.

- DUARTE, C.M. & J.P. GATTUSO. (2008). Seagrass meadows. In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J.Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment).
- DUARTE, C.M., M. MERINO, N. AGAWIN, J. URI, M. FORTES, M. GALLEGOS, N. MARBÁ., M.A. HEMMINGA. (1988). Root production and belowground seagrass biomass. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 171:97-108.
- ESPINO, F. & R. HAROUN. (2002). Seguimiento de Poblaciones de Especies Amenazadas. *Zostera noltii*, Lanzarote. Informe Técnico de la Viceconsejería de Medio Ambiente, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias (no publicado).
- ESPINO, F., F. TUYA, I. BLANCH & R. HAROUN. (2008). Los seadales de Canarias. Oasis de vida en los fondos arenosos. *BIOGES*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 68 pp.
- EXCOFFIER, L., G. LAVAL, & S. SCHNEIDER (2005). Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1:47-50.
- FERNÁNDEZ, Y. & J.L. SÁNCHEZ. (2006). Effects of salinity on growth and survival of *Cymodosea nodosa* (Ucria) Ascherson and *Zostera noltii* Hornemann. *Biología Marina Mediterranea*, 13 (4):46-47.
- GIL-RODRÍGUEZ, M.C., J. AFONSO-CARRILLO & W. WILDPRET DE LA TORRE. (1987). Praderas marinas de *Zostera noltii* (Zosteraceae) en las Islas Canarias. *Vieraea* 17: 143-146.
- GREEN, E.P. & F.T. SHORT. (2003). *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press. 338 pp.
- GUADALUPE GONZÁLEZ, M.E., M.C. GIL-RODRÍGUEZ & M.C. HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ. (1995). Flora y vegetación marina de Arrecife de Lanzarote. Islas Canarias. Fundación César Manrique, Lanzarote. Ed. Torcusa. Madrid. 269 pp.
- HAMMADA, S. (2007). Etudes sur la vegetation des zones humides du Maroc. Catalogue et Analyse de la Biodiversité Floristique et Identification des principaux Groupements Végétaux. Tesis Doctoral. Université Mohammed V – AGDAL. Faculté des Sciences. Rabat. 187 pp.
- HAROUN, R., M.C. GIL-RODRÍGUEZ & W. WILDPRET DE LA TORRE. (2003). *Plantas Marinas de las Islas Canarias*. Canseco Editores. 319 pp.
- HEMMINGA, M.A. (1998). The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden. *J. Sea Res.*, 39: 183-196.
- HEMMINGA, M.A. & C.M. DUARTE (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press 298 pp.
- JACKSON, E.L., A.A., ROWDEN, M.J., ATTRILL, S. J. BOSSEY & M.B. JONES. (2001). The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. *Oceanography and Marine Biology* 39: 269-303.
- MACHADO, A., & M. MORERA. (2005). Nombres comunes de las plantas y los animales de Canarias. Academia Canaria de la Lengua. Islas Canarias. 277 pp.
- MANN, K.H. (1973). Seaweeds: Their productivity and strategy for growth. *Science*, 182: 975-981.

- MARKAGER, S. & J. SAND-JENSEN. (1994). The physiology and ecology of light-growth relationship in macroalgae. *Prog. Phycol. Res.* 10: 210-218.
- PERALTA, G., J.L. PÉREZ-LLORENTE, I. HERNANDEZ & J.J. VERGARA. (2002). Effects of light availability on growth, architecture and nutrient content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 269: 9- 26.
- PERRIER, X. & J.P. JACQUEMOUD-COLLET (2006). DARwin software [tp://darwin.cirad.fr/darwin](http://darwin.cirad.fr/darwin).
- POLTE, P. & H. ASMUS. (2006). Influence of seagrass beds (*Zostera noltii*) on the species composition of juvenile fishes temporarily visiting the intertidal zone of the Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 55: 244-252.
- RUMEU RUIZ, B., J. A. PÉREZ PÉREZ, M. HERNÁNDEZ FERRER, N. ALDANONDO-ARISTIZABAL & M. C. GIL-RODRÍGUEZ. (2007). Caracterización genética de *Zostera noltii* (Zosteraceae, Magnoliophyta) en Lanzarote, islas Canarias. *Vieraea* 35: 33-42.
- SAITOU, N. & M. NEI. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4(4): 406-25.
- SCHAFFMEISTER, B.E., J.G. HIDDINK & W.J. WOLFF. (2006). Habitat use of shrimps in the intertidal and shallow subtidal seagrass beds of the tropical Banc d'Arguin, Mauritania. *Journal of Sea Research* 55: 230-243.
- SCHRAMM, W. & P.H. NIENHUIS. (1996). *Marine Benthic Vegetation. Recent Changes and the Effects of Eutrophication*. Springer-Verlag, Berlin. 133 pp.
- SHORT, F.T. & R.G. COLES (Eds.). (2001). *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science, Amsterdam. 482 pp.
- TEMPLADO, J. (2004). Introducción. Las praderas de fanerógamas marinas. En : Luque, A.A. y Templado, J. (Coords.) *Praderas y bosques marinos de Andalucía*. pp.57-59. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 336 pp.
- VALIELA, I. (1995). *Marine Ecological Processes*. 2nd Edition. Springer. 686 pp.