

## Resumen

Desde 1985 hasta 1997, la European Foundation for Environmental Education (EFE) promocionó el uso de unos distintivos denominados "banderas azules", para promocionar aquellas zonas que se ajustaban a una serie de normas sobre la calidad de las aguas litorales, las arenas de las playas, las infraestructuras para los bañistas, etc. De esta manera todos los veranos las playas más "limpias" se premiaban con el mencionado distintivo; sin embargo, la realidad era bien distinta ya que podían verse zonas muy polucionadas y contaminadas en las que ondeaban "banderas azules". Desde 1992, las Comunidades con competencias en Medio Ambiente comenzaron a realizar sus propios análisis físico-químicos y bacteriológicos comprobando que en muchos casos superaban exageradamente los límites marcados por el EFE. Ante la imposibilidad de controlar la situación, se retiró la subvención a las "banderas azules" y en la actualidad son muchos los Municipios que intervienen y presionan para que los resultados de los análisis efectuados por la Junta de Andalucía no se hagan públicos.

Nuestro estudio pretende demostrar que los vertidos continuos de la industria hostelera al Mediterráneo y el aumento de la población durante los meses de verano en la costa, están relacionados con la fauna presente o ausente en el litoral. Para ello hemos utilizado 17 zonas a lo largo del litoral y la presencia o ausencia de 20 especies de equinodermos en las mencionadas áreas. Mediante la utilización del índice de "Jacard" y la elaboración de dendrogramas de afinidades entre áreas y organismos (método U.P.G.M.A.), hemos podido verificar la existencia de tres grupos de playas con distinto grado diversidad biológica. De la misma manera, hemos agrupado las 20 especies de equinodermos en tres grupos que se distribuyen en zonas de distinto grado de contaminación por vertidos.

A la vista de los resultados obtenidos, se propone la utilización de tres nuevos logotipos que indiquen la biodiversidad de las zonas litorales basándose en los equinodermos presentes en ellas. De esta manera pretendemos que los ciudadanos y ciudadanas puedan conocer el estado real de conservación biológica de sus playas e incidir sobre sus representantes ante las Administraciones, para que dispongan los medios necesarios que permitan conservar y preservar nuestro patrimonio.

## Palabras clave:

Aguas marinas, Litoral, Bioindicadores, Equinodermos, Calidad aguas, Banderas azules.

# Equinodermos como indicadores biológicos de la calidad de las aguas litorales en el Mar de Alborán (Mediterráneo Occidental, Andalucía, España)<sup>+</sup>

Por: Miguel A. Conesa García\*, Rosa Lozano Durán\*\*,

Elisabeth Pozo Camacho\*\*, Rocío Ruiz Arias\*\*

(\*) Dpto. Biología, Colegio Maravillas, Benalmádena (29631-Málaga).

Dpto. Biología U.N.E.D. Málaga. Tel 952 442 633.

(\*\*) Alumna del Dpto. Biología Colegio Maravillas, Benalmádena (29631-Málaga).

biologiamaravillas@raronet.es

## 1. Introducción

En numerosas salidas de campo realizadas a lo largo de la costa de Málaga, hemos podido comprobar, a simple vista, la diferencia que existe entre las aguas cercanas a las urbanizaciones costeras y las correspondientes a zonas donde la confluencia humana es menor. Incluso se puede comprobar cómo las playas de las zonas en apariencia más contaminadas, cambian de aspecto durante el invierno y primavera, precisamente cuando la población turística desciende.

La distribución de los organismos a lo largo del litoral obedece lógicamente a las características fisiocoquímicas de sus aguas y, sin duda, el aporte continuo de residuos procedentes de las zonas industriales y urbanas, modifica dichos parámetros.

De todos los organismos litorales (algas, fanerógamas, poríferos, cnidarios, moluscos, anélidos, crustáceos, equinodermos etc.) que podrían ser sensibles a las modificaciones medioambientales, hemos elegido los equinodermos como objeto de nuestro estudio, debido a que son fáciles de distinguir incluso por personas no especializadas en biología marina. Además, en diversas ocasiones pudimos comprobar la existencia de enormes poblaciones de una sola especie de equinodermos en algunas zonas muy polucionadas, mientras que en otras áreas, se apreciaba una mayor diversidad (zonas sin contaminación aparente). Esto, creímos, indicaba la sensibilidad de este grupo de organismos a las alteraciones medioambientales.

La carencia de estudios precisos sobre las causas de la distribución

<sup>+</sup> Este artículo corresponde a un resumen del trabajo de los propios autores que ha sido premiado con el STOCKHOLM JUNIOR WATER PRIZE en reñida competencia con otros 14 trabajos de varios países. Este preciado galardón de carácter anual, iniciado en 1995, fue entregado el pasado 10 de agosto por la princesa Victoria de Suecia. Los patrocinadores del premio en España han sido la Fundación AGBAR y KEMIRA IBÉRICA SA.

## Abstract

*Echinoderms as biological indicators of the quality of littoral waters in the Mar de Alborán (Western Mediterranean, Andalusia, Spain)*

Since 1985, the European Foundation for Environmental Education (EFE) has used the widely-known European Blue Flag and its logo as a distinction for beaches that comply with a series of environmental, aesthetic, microbiological and physico-chemical quality criteria. Although the Blue Flag has had a positive effect on the overall quality of bathing waters, its presence has not ensured that the flora and fauna of coastal waters were equally preserved.

The results of this study indicate the many of the coastal areas studied, some of them holding the European Blue Flag, have a high level of bacterial pollution, with the associated negative impact on their biological diversity. Two scientific method used in sea ecology have been applied: the Jaccard rate and the UPGMA algorithm (grouping according to the mean association). Samples of 20 echinoderms species (sea-urchins, starfish, and holothurian) were collected in 17 clearly defined beach strips along the coast of the Alborán Sea, in the Western Mediterranean Sea. The beach strips were evaluated according to their water pollution level. The results confirm the validity of some echinoderm species as good bioindicators of the quality of coastal fauna and flora. By simply evaluating the presence or absence of those easily identified species it is possible to assess the status of the coastal waters ecosystem.

It is proposed to include a new logo that substitutes the laws European Blue Flags, with the shape of an echinoderm, using three different species to indicate the health status of the ecosystem. Seminars should be organized in Schools to present the usefulness of echinoderms as bioindicators in coastal areas, and to teach students the importance of preservation of the sea environment.

## Keywords:

Marine waters, littoral, bioindicators, echinoderms, water quality, blue flags.



Figura 1. Mapa del litoral objeto de estudio.

1. Playa de Burriana (Nerja).
2. Maro.
3. El Playazo (Nerja).
4. El Cañuelo (Nerja).
5. Peñón del Cuervo (Málaga).
6. Playa del Candado (Málaga).
7. Playa de la Malagueta (Málaga).
8. Misericordia (Málaga).
9. Malapesquera (Riviera y Santa Ana, Benalmádena).
10. Torrevigia, (Benalmádena).
11. Viborillas, (Benalmádena).
12. Torremuelle, (Benalmádena).
13. La Cala (Torreón) (Mijas).
14. Butiplaya (Fuengirola).
15. Las Chapas (Marbella).
16. Playa del Monsul (Cabo de Gata, Almería. - Parque Natural).

de los equinodermos en el litoral de la provincia de Málaga, provocó nuestra decisión de intentar comprobar si estos organismos pueden aplicarse como bioindicadores de la calidad de las aguas marinas.

## 2. Objetivos

Los objetivos que se pretenden conseguir son los siguientes:

1. Identificar las especies de algas verdes, pardas y rojas, fanerógamas, poríferos, cnidarios, moluscos bivalvos, anélidos poliquetos, crustáceos y equinodermos observados durante el muestreo.
2. Aproximarnos a la utilización del método científico aplicado a la ecología marina, analizando los parámetros obtenidos, mediante el Incide de Jaccard, usando el algoritmo U.P.G.M.A. (agrupamiento según la asociación media).
3. Comprobar las similitudes existentes entre las zonas estudiadas mediante la presencia o ausencia de los equinodermos.
4. Comprobar las asociaciones existentes entre la fauna de equinodermos mediante la presencia o ausencia de las zonas estudiadas para cada especie de equinodermo.
5. Identificar las áreas más contaminadas, desde un punto de vista bacteriano.
6. Comprobar si los equinodermos pueden ser considerados como indicadores biológicos de la calidad de las aguas litorales. En caso afirmativo, identificar las especies cuya presencia señale las zonas de aguas sin contaminantes bacterianos.
7. Realizar un informe con los resultados obtenidos para el área de Medio-Ambiente de los distintos Ayuntamientos con competencias en los vertidos al litoral.

## 3. Métodos

Para alcanzar los objetivos propuestos se utilizaron los métodos habituales de muestreo en biogeografía (Vargas, J.M.; Real, R y An-

túnez, A. 1989), dividiendo la costa de la provincia de Málaga en 17 transectos. Aunque la morfología costera en general es rocosa, se han elegido 9 zonas rocosas y 8 arenosas. Las zonas muestreadas (ver **Figura 1**) son las siguientes:

Todas las zonas pertenecientes a la Provincia de Málaga son de fácil acceso desde la autovía del Mediterráneo, lo que nos permite una recogida de datos rápida y eficaz.

En cada transecto se realizó rastreos por la costa a pie, recogiendo todos los materiales que se encontraban en una línea de "100 metros de longitud y 4 de anchura". Posteriormente se batía el mismo transecto buceando a pulmón libre, cubriendo una anchura de costa de 35 metros y una profundidad media de 2.5 m.

Los ejemplares de equinodermos observados fueron identificados "in situ", devolviendo al mar aquellos que ya han sido reconocidos y determinados. Las algas se conservaron en frascos con alcohol al 85% para su posterior identificación en el laboratorio.

Respecto a la fauna de moluscos y crustáceos se recogieron en frascos herméticos con alcohol al 90% para su traslado al laboratorio, donde se determinaron usando las claves habituales: Calvin (1995), García et al. (1992) y Sibuet T.M. (1974), referente a la fauna de equinodermos del mar de Alborán.

Los muestreos para reconocimiento de las especies se hicieron de una forma continua desde el 15 de enero del 97 al 30 de septiembre del 97; durante el invierno los muestreos se realizaron mensualmente, durante la primavera y el verano semanalmente. Además se utilizaron datos propios del Dpto. de Ciencias tomados por otros compañeros en años anteriores. Todos los datos fueron debidamente contrastados con la bibliografía existente: aquellas especies que no se pudieron determinar se llevaron a la Facultad de Ciencias para su clasificación taxonómica.

Las características climáticas y fisicoquímicas del agua en cada momento de muestreo, fueron recogidas según la ficha adjunta. Igualmente los datos se pasaron a un ordenador PC, utilizando la hoja de cálculo EXCEL 7.0 (Microsoft Ltd) con el objeto de procesar los datos estadísticamente. Se analizaron las siguientes características:

- Temperatura a 1m. de profundidad, tomadas con un termómetro de mercurio marca ACME con tres minutos de demora.
- pH tomado con un p-hachímetro digital marca Merck con  $\pm 0.1$  de error absoluto.
- Respecto a la concentración de Nitrógeno Total se intentó una analítica de aproximación utilizando tiras de reactivo de la casa Merck, sin embargo el rango de error absoluto es tan elevado que se decidió eliminar este ensayo y aplicar los datos observados en el Centro de Análisis de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Los datos microbiológicos usados fueron los siguientes: Coliformes totales, Coliformes fecales y Estreptococos fecales. El agua recogida se filtra al vacío y una muestra se siembra sobre placas "petri" con un medio de cultivo idóneo para su crecimiento. Se mide el número de colonias en 100 ml. de muestra. Este tipo de análisis nos puede dar una medida del grado de contaminación bacteriana de las aguas que será siempre directamente proporcional a la cantidad de aguas sin depurar o insuficientemente depuradas que se vierten al litoral.

Los datos microbiológicos, indicativos del grado de contaminación de las playas, se solicitaron en primera instancia a los correspondientes Ayuntamientos ya que Sanidad les informa periódicamente; sin embargo, posiblemente debido al temor que suscitan este tipo de demandas, nunca se nos facilitó dicha información. Por esta razón, decidimos solicitar estos informes directamente a la Junta de Andalucía. Des-

pués de formalizar los correspondientes trámites burocráticos nos recibió el Jefe de Servicio de Análisis de Aguas, Dr. D. Rafael Haro, quien tras consultar instancias superiores resolvió cedernos todos los datos, advirtiéndonos que dichos datos confidenciales sólo podrán ser usados para estudiar la correlación entre la fauna de equinodermos y la contaminación microbiológica de las aguas muestreadas.

Otra fuente de información fiable referente a Andalucía, que teníamos a nuestra disposición, son los datos que se recogieron en el año 1993 en el proyecto COASTWATCH, 1993; en él se puede comprobar que en Málaga el riesgo de contaminación por la incidencia de las aguas residuales, en el litoral marino, está determinado de la siguiente manera:

Un 2% procede de la agricultura, un 20% de actividades agrícolas, un 13% de industrias, un 24% de petróleos y un 41% de aguas fecales (el mayor porcentaje de toda Andalucía), (Universidad Politécnica de Valencia, 1993)

Para procesar los datos se usó una hoja de cálculo EXCEL 7.0 de Microsoft (Ltd)<sup>®</sup>, que calcula estadísticos descriptivos y que puede programarse para realizar cualquier tipo de función.

Si los organismos se distribuyen de una manera relacionada con su entorno, esto nos obliga a pensar en la naturaleza como un conjunto de elementos que se pueden agrupar en regiones biogeográficas con límites que se pueden definir. Birks (1987), definió como "elementos bióticos" al conjunto de especies que tienen distribuciones similares y también definió "regiones bióticas" a los conjuntos de áreas con biotas similares.

Para estudiar la relación que existe entre elementos bióticos y regiones bióticas se usan análisis de clasificación de especies que existen entre ellas (modo R) y también las áreas en función de las especies que existen en ellas (modo Q); de esta

manera se pueden generar hipótesis acerca de las causas y orígenes de lo que observamos en la naturaleza, pudiéndose poner a prueba experimental o comparativa con datos históricos o incluso a modelos predictivos (Vargas, Real y Antúnez, 1992), (Hernández - Bermejo y Saiz Ollo- ro, 1984).

Si utilizamos una matriz de "m" especies por "n" regiones dejando un "0" si la especie determinada "i" no se encuentra en el área determinada "k" y un "1" si la especie se encuentra en la mencionada área, obtendremos una matriz de presencia - ausencia que nos puede servir para dos tipos de análisis:

- Análisis de clasificación de especies, que es básicamente un análisis de afinidad entre patrones.
- Análisis de clasificación de localidades que pone de manifiesto las afinidades bióticas entre áreas geográficas.

Realizando ambos análisis podremos acercarnos al conocimiento de la distribución interior del ecosistema o ecosistemas, estudiados de una manera objetiva, ya que los resultados no estarían sujetos a las ideas preconcebidas de los investigadores. El protocolo a seguir (**Figura 2**) es el utilizado por Vargas, Real y Antúnez 1995; Baroni, Urbani y Buser, 1982 y Brick, 1987 entre otros:

1. Definir objetivos y especificar el interés de los mismos. Identificar las áreas que se estudian y sus correspondientes escalas espaciales y temporales.
2. Seleccionar el tipo de unidades geográficas y el grupo de especies a utilizar en los análisis. (Los elementos así construidos constituyen los denominados OTUs : "Operational Taxonomic UNITS", (Sokal & Sneath, 1963). Teniendo en cuenta que todas las especies y áreas consideradas tienen que tener el mismo peso en la investigación, da igual que se observe una especie protegida y en peligro de extinción de las que quedan 5 ejemplares que observar una es-

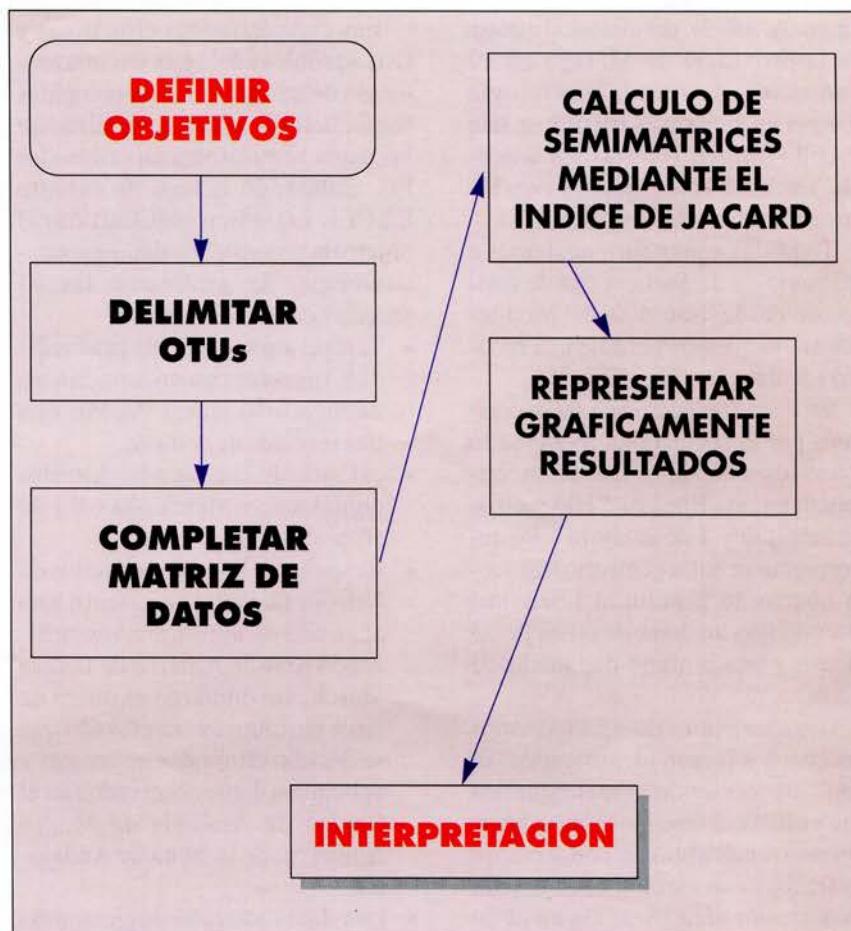


Figura 2.

pecie de la que hay miles de ejemplares.)

3. Completar la matriz de datos (0,1), (presencia - ausencia)
4. Calcular la matriz de similitudes. Para éste cálculo se utilizó la fórmula siguiente :

$$J = 100 C / (A+B+C)$$

que constituye la fórmula o índice de Jacard, 1908, modificada por BARONI & Urbani & Buser, 1976 donde A y B son el número de parcelas geográficas ocupadas por las especies "a" y "b" respectivamente, mientras que C es el número de parcelas pobladas por ambas especies a la vez. El índice de Jacard no contempla la doble ausencia (parcelas donde no están ninguna de las dos especies consideradas), ya que recientemente se ha podido comprobar

que este índice es el que mejor se ajusta a la compresión de la estructura interna de los ecosistemas.

5. Analizar las similitudes encontradas.

Generalmente se usan métodos acumulativos o aglomerativos considerando los "OTUs" como puntos de partida. Estas unidades taxonómicas operacionales se asocian en grupos cada vez más grandes de modo que al final no hay más que un solo grupo que los une a todos. (Método UPG-MA, "agrupamiento según la asociación media", que ha sido utilizado sistemáticamente en biogeografía).

6. Representar gráficamente la clasificación obtenida mediante un dendrograma que relacione o las especies entre sí o las áreas entre sí.

**Tabla 1**

Cuadro general de especies halladas. El número 1 indica la presencia de la especie y el cero la ausencia de la misma.

**Tabla 1 (Continuación)**

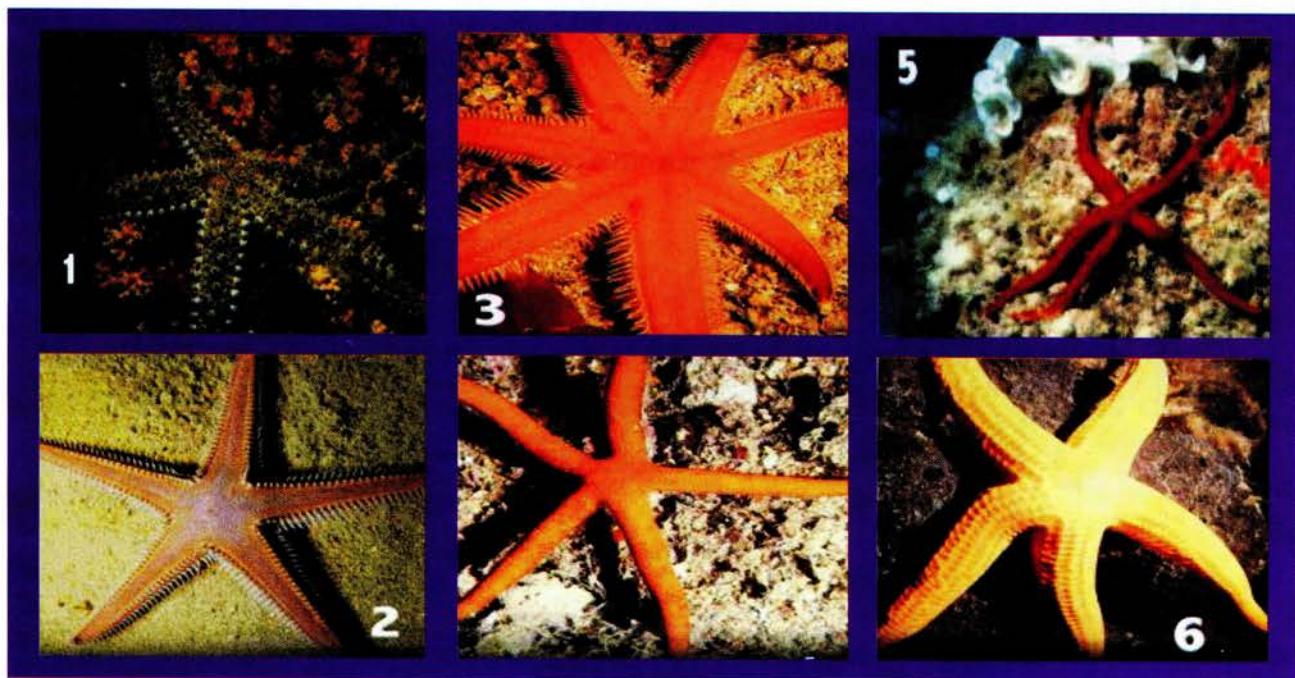
Cuadro general de especies halladas. El número 1 indica la presencia de la especie y el cero la ausencia de la misma

	Zonas de muestreo																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Bolinopsis infundibulum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eucharis multicornis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>MOLUSCOS Bivalvos</b>																	
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pinna nobilis</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Chlamys varia</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Chlamys pesfilis</i>	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Radicardium tuberculatum</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Callista chione</i>	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Venus verrucosa</i>	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Chamelea gallina</i>	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Donax trunculus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Ensis minor</i>	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<b>ANELIDOS POLIQUETOS</b>																	
<i>Spirographis spallanzanii</i>	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<b>CRUSTACEOS</b>																	
<i>Lepas anatifera</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Chthamalus stellatus</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Balanus perforatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>EQUINODERMOS</b>																	
<i>Marthasterias glacialis</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Astropecten bispinosus</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
<i>Luidia ciliaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chaetaster longipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ophidiaster ophidianus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hacelia attenuata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Asterina gibosa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Equinaster spositus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ophiura texturata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Ophiothrix fragilis</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
<i>Ophioderma longicaudum</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
<i>Centrostephanus longispinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Arbacia lixula</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sphaerechinus granularis</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Paracentrotus lividus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Spatangus purpureus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
<i>Echinocymus pusillus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1

**Tabla 1 (Continuación)**

Cuadro general de especies halladas. El número 1 indica la presencia de la especie y el cero la ausencia de la misma

	Zonas de muestreo																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Brissus unicolor	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Holoturia tubulosa	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Holoturia polii	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	49	56	26	60	28	34	19	10	40	46	50	20	31	59	60	60	67
Burriana	1																
Maro	2																
Playazo	3																
El Cañuelo	4																
Peñón del Cuervo	5																
Candado (C.Náutico)	6																
Malagueta	7																
Misericordia	8																
Malapesquera, Riviera	9																
Malapesquera S. Ana	10																
Torrevigía	11																
Viborillas	12																
Torremuelle	13																
La cala. Torreón	14																
Butiplaya	15																
Las Chapas	16																
El Mónsul. (Cabo de Gata)	17																



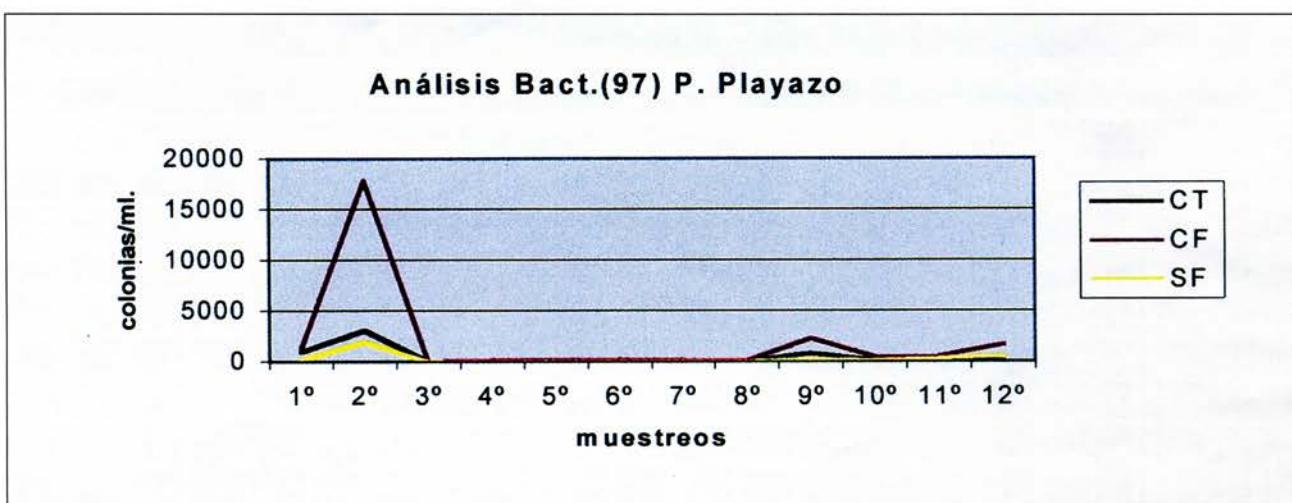


Figura 3.

7. Evaluar críticamente los resultados y generar las hipótesis oportunas.

#### 4. Resultados

Seguidamente se relacionan los resultados obtenidos en los ámbitos de los equinodermos y bacteriológico.

##### 4.1. Cuadro General de las Especies Halladas

Tal como ya se indicado anteriormente la mayoría de especies corresponden a zonas rocosas y sólo en pequeña proporción a las arenosas.

##### 4.2. Resultados de los Análisis Microbiológicos

De los resultados obtenidos describiremos los tres gráficos más representativos.

En esta zona (**Figura 3**) se puede comprobar el resultado de los vertidos puntuales que llegan a alcanzar más de 15.000 col/ml. Posiblemente sean debidos a roturas de los emisarios submarinos y/o insuficiencias en las depuradora de la zona de carácter temporal, probablemente influidos por el fenómeno turístico: Las aguas industriales generalmente no inciden en estos parámetros bacteriológicos. (C.T. - colibacilos totales, C.F.- colibaci-

los fecales, S.F. Estreptococos fecales).

Se observa (**Figura 4**) la existencia de tres picos, registrados durante el año 97, debidos a que en esta zona las aguas litorales se mezclan con las provenientes del río Guadalhorce, que en su desembocadura pasa por varios polígonos industriales.

En esta zona de Marbella, puede comprobarse (**Figura 5**) los efectos del aporte de los torrentes que llevan aguas no depuradas procedentes de vertidos incontrolados por parte de la industria hostelera.

No se disponen de análisis microbiológicos de la zona nº 17 en la playa del Monsul (cabecera de Gata), pero

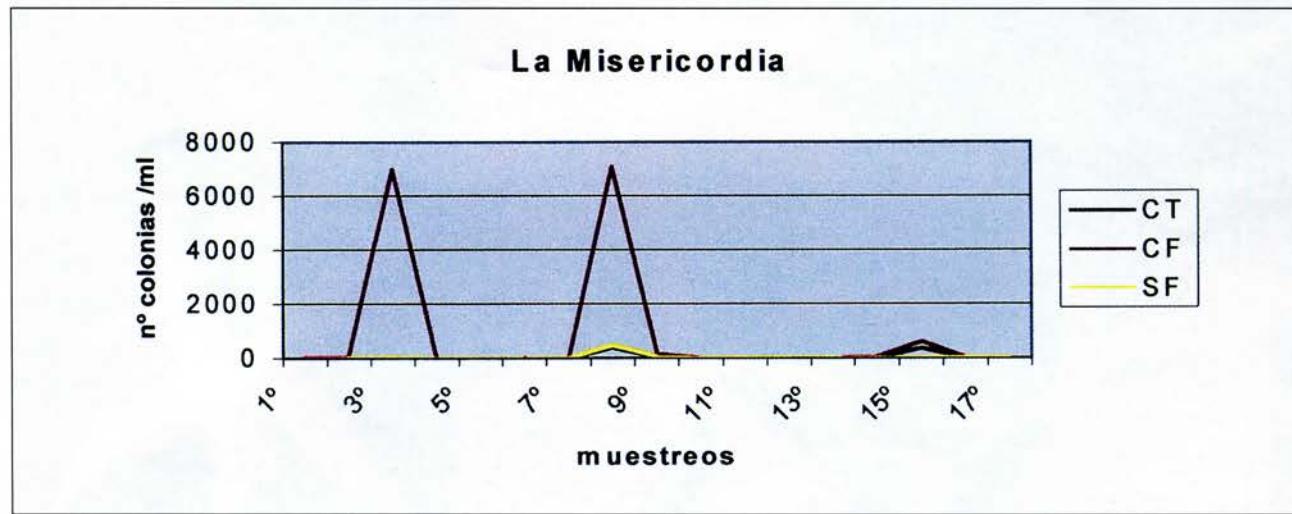


Figura 4.

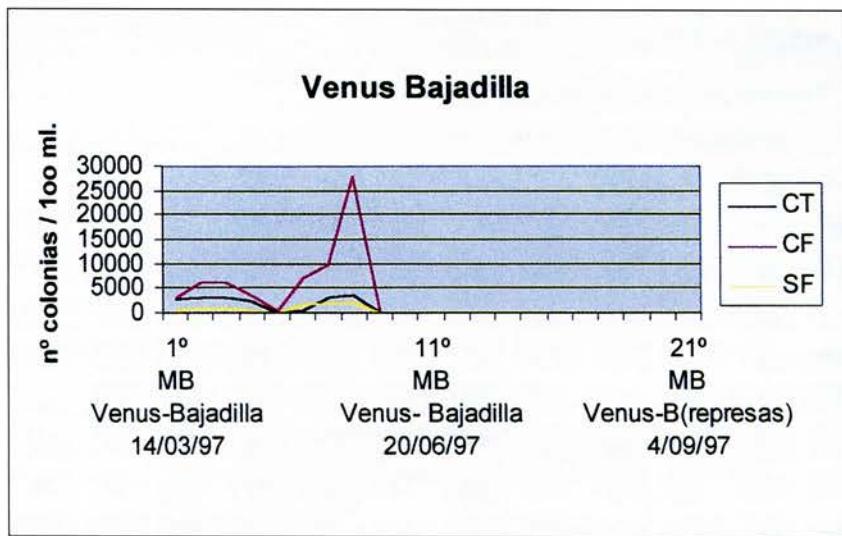


Figura 5.

basta con bucear en la playa para comprender que es un auténtico paraíso submarino, observándose:

- Transparencia absoluta.
- No hay vertidos de poblaciones.
- No hay vertidos industriales.

- No hay vertidos procedentes de urbanizaciones ni hostelería.
- Diversidad máxima, presenta el 100% de las especies de equinodermos estudiadas y el 100% de todos los organismos reconocidos en el presente estudio.
- Esta zona está considerada como Parque Natural.

Un mapa representativo de la contaminación existente puede ser el reflejado en la (**Figura 6**) donde puede comprobarse que las zonas representadas en azul (las menos contaminadas) están situadas en los límites de la provincia, de tal manera que presentan una flora y fauna muy similares, pudiéndose trazar un arco desde la zona occidental a la oriental por encima de la influencia de los vertidos de los ríos Guadalhorce, Guadalmedina y de todos los



Figura 6. Litoral de la costa de Málaga.

**Tabla 2**

		Representación mediante OTU's																
		semimatriz con índice de JACARD																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	100	88	53	82	54	66	36	20	65	67	80	38	54	80	82	73	66	
2	88	100	46	93	50	61	34	18	68	73	83	36	53	92	93	93	84	
3	53	46	100	43	64	62	55	33	53	53	52	70	63	44	43	43	39	
4	82	93	43	100	47	57	32	17	64	74	80	33	49	95	97	94	90	
5	54	50	64	47	100	72	52	31	58	57	56	55	64	47	47	47	42	
6	66	61	62	57	72	100	51	26	64	67	68	46	67	58	57	57	51	
7	36	34	55	32	52	51	100	26	48	41	38	56	47	32	32	32	28	
8	20	18	33	17	31	26	26	100	25	22	20	43	28	17	17	17	15	
9	65	68	53	64	58	64	48	25	100	87	76	46	69	68	67	67	60	
10	67	73	53	74	57	67	41	22	87	100	68	40	60	62	61	61	55	
11	80	83	52	80	56	68	38	20	76	68	100	40	62	85	83	83	75	
12	38	36	70	33	55	46	56	43	46	40	40	100	59	34	36	36	32	
13	54	53	63	49	64	67	47	28	69	60	62	59	100	53	52	52	46	
14	80	92	44	95	47	58	32	17	68	62	85	34	53	100	50	49	47	
15	82	93	43	97	47	57	32	17	67	61	83	36	52	50	100	97	90	
16	73	93	43	94	47	57	32	17	67	61	83	36	52	49	97	100	90	
17	66	84	39	90	42	51	28	15	60	55	75	32	46	47	90	90	100	

arroyos que en invierno vierten sus aguas al litoral.

### 5. Dendograma de afinidades entre áreas realizada con todos los organismos procesados

Aplicando el Hierarchical Cluster Análisis (Vargas, Real y Antúnez 1992), sobre la semimatriz obtenida utilizando el índice de Jacard se encontraron las coordenadas necesarias para su representación gráfica:

En la representación de la **Tabla 2** puede comprobarse que las zonas 15, 16, 2, 4, 17, 1, 11, 14, 9 y 10 están asociadas entre sí (Burriana, Maro, El Cañuelo, Malapesquera Riviera y Santa Ana, Torrevigía, La Cala, Butiplaya, Las Chapas y el Mónsul); todas estas playas son las que presentan una mayor diversidad y una menor contaminación general.

El segundo grupo los constituye las playas 7, 12, 5, 13, 6 y 3 (Pla-

yazo, peñón del Cuervo, Candado, Malagueta, Viborillas y Torremuelle), que se encuentran en una clara fase de degradación con vertidos continuos haciendo que su diversidad sea claramente menor y

asociado a este segundo bloque se encuentra la playa de la Misericordia, representada por el número 8 y que corresponde a la de menor diversidad y mayor contaminación.

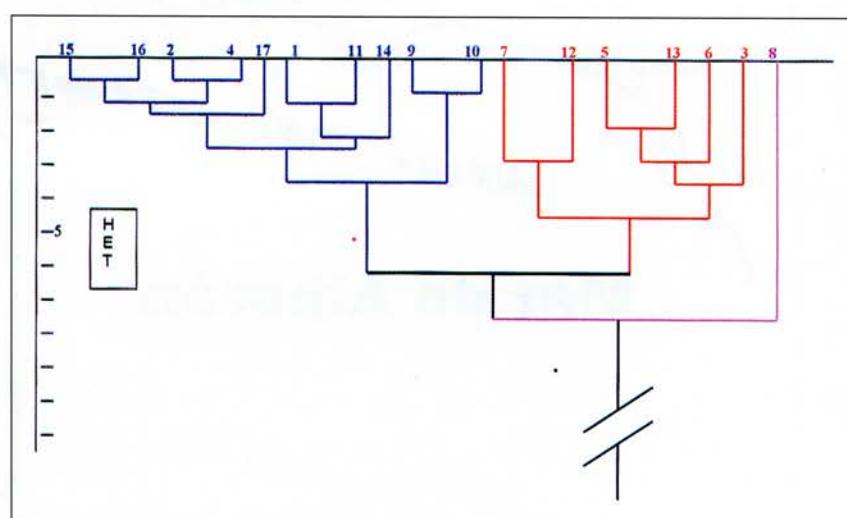


Figura 7. Representación gráfica de las afinidades encontradas mediante el índice de Jacard, utilizando la presencia / ausencia de los siguientes organismos: Algas verdes, rojas y pardas, Fanerógamas, Poríferos, Cnidarios, Moluscos, Anélidos, Poliquetos, Crustáceos y Equinodermos.



Si usamos para marcar las zonas asociadas (según el índice de Jaccard), un mismo color sobre un mapa físico de la Provincia de Málaga se puede comprender mejor la relación existente (**Figura 6**).

### **6. Dendograma de afinidades entre áreas realizada con la fauna de equinodermos encontrados**

Aplicando el Hierarchical Cluster Análisis (Vargas, J.M. & Real, R. & Antunez, A. 1992), sobre la semi-

matriz obtenida utilizando el índice de Jaccard se encontraron las coordenadas necesarias para su representación gráfica:

En este dendrograma puede apreciarse, al igual que en el caso anterior, una clara separación de las zonas de muestreo en dos grandes bloques. Uno es el representado por las zonas 15, 16, 17, 4, 14, 10, 2, 11, y 9 en los que la presión humana es menor y, consecuentemente, la fauna se asocia a una menor cantidad de nitrógeno total. En este bloque no apa-

rece la zona nº 1 (Burriana), que sí aparecía en la gráfica anterior (usando todos los organismos). Posiblemente sea debido a que la fauna de equinodermos es más sensible a los cambios medioambientales que los demás organismos estudiados.

De igual manera, el segundo bloque lo constituye el representado por las zonas 1, 3, 6, 5, 7, 12, 13, 8. Obsérvese que la zona nº 8 que fue discriminada a un tercer bloque (cuando se usa el índice de Jaccard con todos los organismos), ahora aparece circunscrita al grupo de playas asociadas a la bahía de Málaga. El dendrograma obtenido fue el representado en la (**Fig. 3**).

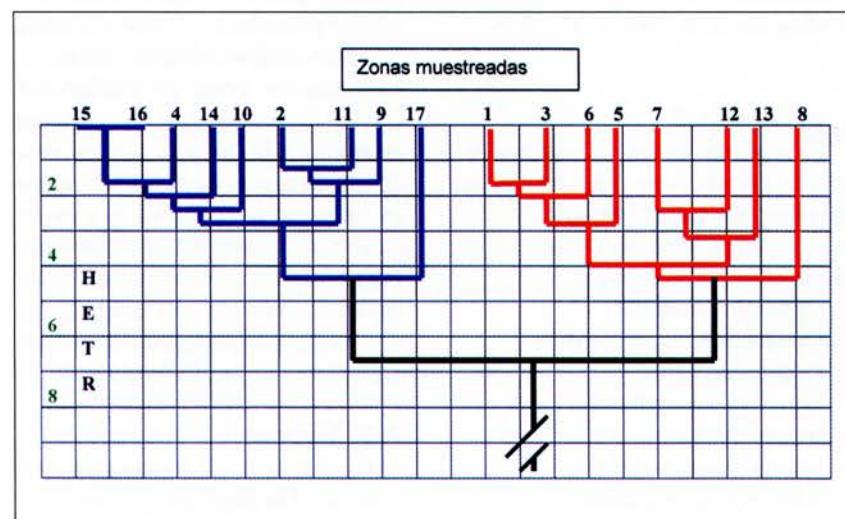


Figura 8. Representación gráfica de las afinidades encontradas entre las zonas estudiadas dependiendo exclusivamente de la fauna de equinodermos. Gráfico muy similar al obtenido al utilizar todos los organismos encontrados. (**Fig. 7**)

### **7. Relación Existente entre las Especies de Equinodermos**

Como ya se ha indicado en la Introducción del presente artículo, se puede hacer un análisis de tipo "r", es decir, en vez de estudiar las zonas, se podría estudiar la relación que existe entre las especies. Los resultados obtenidos fueron los indicados en la **Tabla 4**, en surepresentación gráfica, (**Figura 8**), se puede apreciar que aparecen tres grupos claramente definidos:

**Tabla 3**

Representación gráfica de los OTU's (Figura 7)

	Semimatriz con índice de JACARD																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	100	56	80	38	60	80	50	40	44	33	40	33	43	38	38	29	21
2	56	100	44	69	33	44	44	22	70	67	64	33	40	69	69	69	45
3	80	44	100	31	75	100	60	50	50	36	44	40	50	31	31	31	20
4	38	69	31	100	23	31	31	15	50	71	57	23	29	86	86	73	65
5	60	33	75	23	100	75	40	67	38	27	33	50	60	23	23	23	15
6	80	44	100	31	75	100	60	50	50	36	44	40	50	31	31	31	20
7	50	44	60	31	40	60	100	50	50	36	44	75	50	31	31	31	20
8	40	22	50	15	67	50	50	100	25	18	22	67	40	15	15	15	10
9	44	70	50	50	38	50	50	25	100	73	70	38	63	62	62	62	40
10	33	67	36	71	27	36	36	18	73	100	54	27	45	50	50	50	35
11	40	64	44	57	33	44	44	22	70	54	100	33	56	69	69	69	45
12	33	33	40	23	50	40	75	67	38	27	33	100	60	23	33	33	21
13	43	40	50	29	60	50	50	40	63	45	56	60	100	38	38	38	25
14	38	69	31	86	23	31	31	15	62	50	69	23	38	100	50	46	39
15	38	69	31	86	23	31	31	15	62	50	69	33	38	50	100	86	65
16	29	69	31	73	23	31	31	15	62	50	69	33	38	46	86	100	65
17	21	45	20	65	15	20	20	10	40	35	45	21	25	39	65	65	100

### 7.1. Grupo 1

El primer grupo de equinodermos lo constituyen especies ubicuas que seguidamente se relacionan:

- Arbacia líxula
- Paracentrotus lívidus
- Marthasterias glacialis
- Holoturia tubulosa
- Sphaerechinus granularis

Pueblan todos los lugares estudiados, tanto aquellos que tienen aguas limpias y bien oxigenadas, como aquéllos en los que la contaminación bacteriana es evidente. Se puede decir que estos organismos son los que más aguantan la contaminación derivada de los vertidos; sin embargo, su presencia está limitada en el tiempo. Cuando los efectos contaminantes se mantienen durante mucho tiempo llegan a desaparecer.

La asociación observada entre Arbacia líxula y Paracentrotus lívidus es extraordinaria y en todas las zonas estudiadas aparecen las dos

especies. Si la concentración de nitrógeno es excesiva proliferan, alcanzando poblaciones muy numerosas, las cuales arrasan toda la materia vegetal que cubre las rocas, coincidiendo con las observaciones realizadas por Ballesteros, 1987 y Rodríguez, J. & Ibáñez, M. 1976.

### 7.2. Grupo 2

El segundo grupo de equinodermos lo constituyen especies que se distribuyen en zonas donde no existe una contaminación constante. Seguidamente se relacionan:

- Ophiothrix fragilis
- Ophiiderma longicaudum
- Holoturia polii
- Spatangus purpureus
- Brisus unicolor
- Equinocyamus pusillus
- Astropecten bispinosus

En este caso la presión humana es mucho menor o está circunscrita a una época concreta del año (el vera-

no). Además, la situación geográfica de la zona parece ayudar a la dispersión de los contaminantes y a la oxigenación continua de sus aguas. La asociación observada, mediante el uso del índice de Jacard, de las especies Ophiothrix fragilis, Ophiiderma longicaudum y Holoturia polii, nos parece especialmente interesante por su alto grado de similaridad. La presencia de ofiuras en el medio ambiente, sin duda es una garantía de que la acumulación de nitrógeno es mínima, o al menos que no es constante, o también que existe una regeneración permanente de las aguas. Las ofiuras, que nunca aparecen en aguas contaminadas, podrían ser un buen indicador biológico.

### 7.3. Grupo 3

Por último, en el grupo tercero, contiene las especies que seguidamente se relacionan:

- Luidia ciliaris
- Hacelia attenuata

**Tabla 4**

Semimatriz Jacard, comparando entre sí las especies de erizos por áreas

1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100	50	7,1	7,1	14,3	7,143	29	7,14	14,3	57	57,1	7,1	82,4	62,5	82,4	42,9	57,1	50	80	64,3
50	100	14	14	28,6	14,29	57	14,3	28,6	67	66,7	14	41,2	46,2	41,2	62,5	36,4	55,6	53,8	60
7,1	14	100	100	50	100	25	100	50	13	12,5	100	5,88	8,33	5,88	16,7	12,5	14,3	7,69	11,1
7,1	14	100	100	50	100	25	100	50	13	12,5	100	5,88	8,33	5,88	16,7	12,5	14,3	7,69	11,1
14	29	50	50	100	50	50	50	33,3	25	25	50	11,8	16,7	11,8	33,3	11,1	28,6	15,4	22,2
7,1	14	100	100	50	100	25	100	50	13	12,5	100	5,88	8,33	5,88	16,7	12,5	14,3	7,69	11,1
29	57	25	25	50	25	100	25	20	9,1	9,09	25	5	6,67	5	11,1	9,09	10	6,25	8,33
7,1	14	100	100	50	100	25	100	50	13	12,5	100	5,88	8,33	5,88	16,7	12,5	14,3	7,69	11,1
14	29	50	50	33,3	50	20	50	100	25	25	50	11,8	16,7	11,8	33,3	25	28,6	15,4	22,2
57	67	13	13	25	12,5	9,1	12,5	25	100	77,8	13	47,1	66,7	47,1	75	60	66,7	61,5	88,9
57	67	13	13	25	12,5	9,1	12,5	25	78	100	13	47,1	66,7	47,1	75	60	87,5	61,5	88,9
7,1	14	100	100	50	100	25	100	50	13	12,5	100	5,88	8,33	5,88	16,7	12,5	14,3	7,69	11,1
82	41	5,9	5,9	11,8	5,882	5	5,88	11,8	47	47,1	5,9	100	70,6	100	35,3	47,1	41,2	76,5	52,9
63	46	8,3	8,3	16,7	8,333	6,7	8,33	16,7	67	66,7	8,3	70,6	100	70,6	50	66,7	58,3	66,7	75
82	41	5,9	5,9	11,8	5,882	5	5,88	11,8	47	47,1	5,9	100	70,6	100	35,3	47,1	41,2	76,5	52,9
43	63	17	17	33,3	16,67	11	16,7	33,3	75	75	17	35,3	50	35,3	100	55,6	85,7	46,2	66,7
57	36	13	13	11,1	12,5	9,1	12,5	25	60	60	13	47,1	66,7	47,1	55,6	100	66,7	58,3	54,5
50	56	14	14	28,6	14,29	10	14,3	28,6	67	87,5	14	41,2	58,3	41,2	85,7	66,7	100	53,8	77,8
80	54	7,7	7,7	15,4	7,692	6,3	7,69	15,4	62	61,5	7,7	76,5	66,7	76,5	46,2	58,3	53,8	100	69,2
64	60	11	11	22,2	11,11	8,3	11,1	22,2	89	88,9	11	52,9	75	52,9	66,7	54,5	77,8	69,2	100



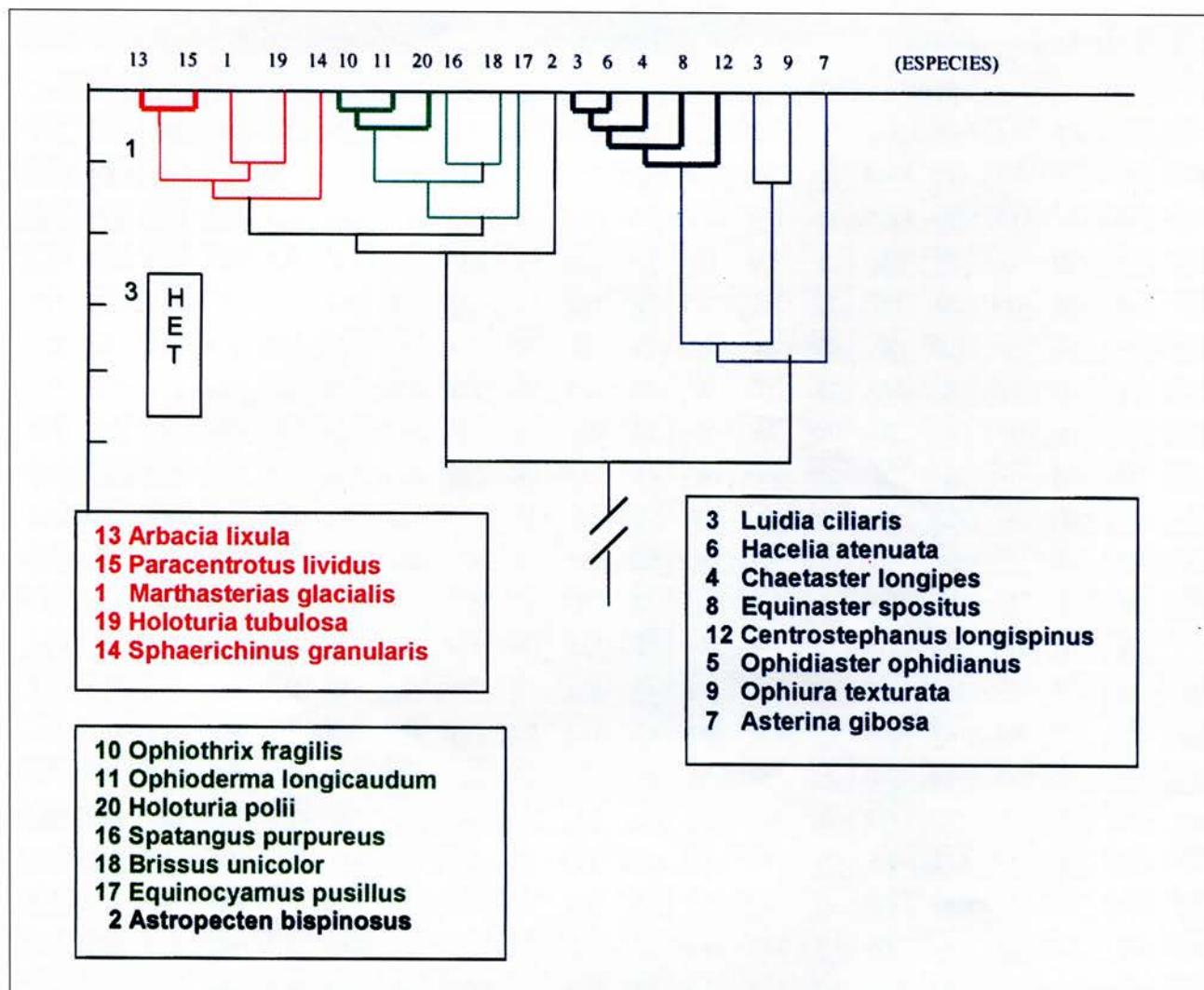


Figura 9. Representación de las afinidades encontradas entre las especies.

- *Chaetaster longipes*
- *Equinaster spositus*
- *Centrostephanus longispinus*
- *Ophidiaster ophidianus*
- *Ophiura texturata*
- *Asterina gibosa*.

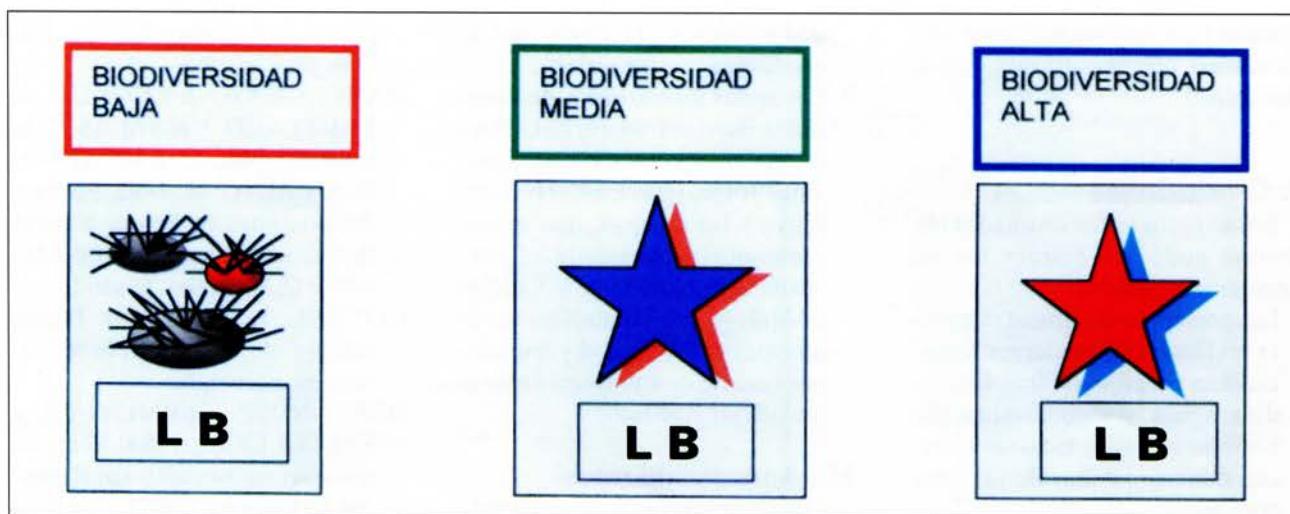
Pueden apreciarse especies que sólo se distribuyen en el arco mencionado anteriormente como *Asterina gibosa* y *Ophiura texturata*, que se distribuyen en aguas que mantienen cierto grado de diversidad, y el resto de las especies se encuentran exclusivamente en la zona nº 17 (Playa del Mónsul, Cabo de Gata), que es la zona de referencia, donde no existe ningún tipo de contaminante, las aguas siempre están limpias y bien oxigenadas y la diversidad es la máxima de todas las zonas

estudiadas, López Ibor, A. 1984. Por lo tanto estas especies, que no son endemismos y que están distribuidas por todo el Mediterráneo habría que considerarlas como especies bioindicadoras. La presencia de la asociación *Luidia ciliaris*, *Hacelia attenuata*, *Chaetaster longipes*, *Equinaster spositus* y *Centrostephanus longispinus* es sin duda la representación de la etapa clímax (de máxima madurez) del ecosistema litoral Mediterráneo.

## 8. Discusión

En la actualidad aparecen muchos programas de conservación de especies terrestres emblemáticas (águilas, linces, osos), los cuales invitan a la reflexión y a la educación

medioambiental; sin embargo, el litoral marino parece de uso exclusivo para el recreo y el turismo de tiempo libre. Sería necesario tener un conocimiento adecuado de la situación actual y también de la historia de la flora y fauna litoral, con objeto de intervenir y presionar sobre los Ayuntamientos, para que estos invirtiesen más en la gestión de los residuos sólidos y líquidos, que de una u otra forma inciden en el mar. Pensamos que se puede compatibilizar el desarrollo turístico con una mayor conciencia de respeto y conservación de la flora y fauna submarina, y desde luego no usar el Mar de Alborán en particular y el Mediterráneo en general como un vertedero inagotable, capaz de en-



gullir y digerir todo lo que en él se vierte a diario.

Las famosas "banderas azules" que estaban subvencionadas por la European Foundation for Environmental Education (EFEE), pretendían identificar aquellas playas que se distinguían por unas aguas que eran óptimas para el baño. De esta manera, para que dichas banderas se concediesen, era necesario que las zonas de recreo tuvieran una serie de infraestructuras que permitiesen una estancia cómoda y que además sus aguas estuviesen relativamente limpias.

En el caso de la contaminación por colibacilos, la normativa es especialmente permisiva, así se permitían hasta 10.000 colonias por 100ml de coliformes (el 95% de las muestras llegaban o sobrepasaban este límite). En el caso de los estreptococos fecales, el 100% de las muestras presentaban dicha bacteria y sin embargo no existía límite para la concesión de las banderas azules.

Así pues, estos distintivos que se hicieron muy populares durante la segunda década de los ochenta y durante los noventa, podían ondear en áreas en las que se podían recoger hasta más de 100.000 colonias de colibacilos por ml. Las comunidades autónomas como Andalucía se jactaba de la cantidad de banderas azules que poseía en su territorio y, en la prensa, se comparaban una re-

giones con otras para regocijo de la industria hostelera.

Desde nuestra perspectiva, la realidad es muy distinta, las banderas azules han permitido los vertidos masivos de urbanizaciones, hoteles e industrias y una acumulación masiva de nitrógeno en muy poco tiempo, que sin duda ha condicionado la distribución de estos organismos a lo largo del litoral Mediterráneo.

Por estas razones, proponemos sustituir las banderas azules, por un logotipo que indicara el estado de conservación biológica del ecosistema, usando la silueta de los equinodermos, por ejemplo:

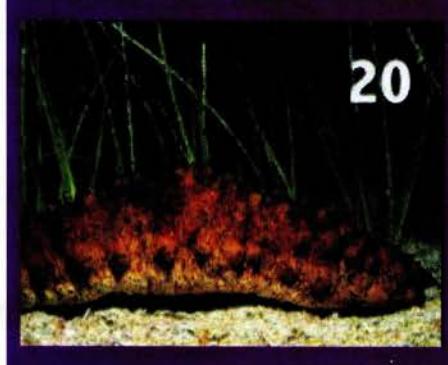
- Un grupo de erizos negros (*Arbacia lixula*), para señalar las playas con escasa biodiversidad.
- Una estrella azul (*Asterina gibosa*), para señalar las playas con biodiversidad media (la mayoría de los casos en nuestra zona de estudio no circunscrita a la capital de Málaga), y que hay que mantener a toda costa, utilizando para ello todo tipo de recursos científicos y con una vigilancia especial por parte de los Ayuntamientos y funcionarios de la Junta de Andalucía.
- Una estrella roja (*Luidia ciliaris*) para señalar las playas de máxima biodiversidad y que necesitan un plan de vigilancia especial por parte de

las autoridades pertinentes, para que la continuidad de esa biodiversidad sea objetivo prioritario del esfuerzo de la comunidad.

Estos logotipos, unidos a una campaña de concienciación a nivel escolar, podrían permitir que los ciudadanos y ciudadanas conociesen el estado ecológico de la costa marítima en la que se bañan y así podrían presionar a sus representantes ante las instituciones para que promuevan una conciencia conserva-



19



20

cionista y protectora del litoral Mediterráneo, que es patrimonio de la humanidad.

## 9. Conclusiones

Basándonos en los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Las presencia de ofiuras (*Ophiora texturata*, *Ophioderma longicaudum* y *Ophioyrix fragillis*) indica aguas sin contaminación bacteriana, ya que éstas no aparecen nunca en zonas de vertidos continuos.
2. La presencia de grandes poblaciones de erizos (*Arbacia lixula* y *Paracentrotus lividus*) en pequeños espacios indica un desequilibrio provocado por el vertido continuado de aguas fecales sin depurar o depuradas insuficientemente al litoral marino.
3. La asociación de erizos irregulares (*Brissus unicolor*, *Equinociamus pusillus* y *Spatangus purpureus*) se puede considerar como bioindicadora de aguas limpias y sin contaminación bacteriana
4. Las especies *Luidia ciliaris*, *Hacelia attenuata*, *Chaetaster longipes*, *Equinaster spositus* y *Centrostephanus longispinus*, al encontrarse exclusivamente en la zona del Paraje Natural de Cabo de Gata y siendo todas ellas de distribución ubicua en todo el Mediterráneo, hay que considerarlas como especies bioindicadoras de aguas puras sin ningún tipo de vertidos ni contaminantes bacterianos.
5. Los equinodermos en general se pueden considerar como bioindicadores del grado de contaminación bacteriana de las aguas del litoral Mediterráneo en la provincia de Málaga
6. Las zonas muestreadas denominadas el Peñón del Cuervo, El Candado, La Malagueta y La Misericordia, que son las zonas donde la influencia de la población de la Capital de Málaga se deja notar, tienen la mínima diversi-

dad biológica y la mayor tasa de contaminación bacteriana.

7. Las zonas muestreadas denominadas Burriana, Maro, El Cañuelo, Malapesquera Riviera y Santa Ana, Torrevigía, La Cala, Butiplaya y las Chapas, que se encuentran al margen de la influencia de la población de la Capital de Málaga, presentan claramente una mayor diversidad y una menor tasa de contaminación acumulada anualmente.

## 10. Agradecimientos

Queremos mostrar nuestro más sincero agradecimiento al Dr. D. Enrique García Raso, del Dpto. de Biología Animal de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Málaga por facilitarnos bibliografía y material gráfico y al Dr. D. Rafael Haro, de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, que nos permitió estudiar los resultados de los análisis bacteriológicos de la campaña del año 97 en el litoral malagueño..

## Bibliografía

- BALLESTEROS, J. 1987. Distribución de *Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula* y *Sphaerechinus granularis* (Echinodermata: Equinoidea) en la zona infralitoral de la costa Brava. Cuad. Marisq., 11: 225-232.
- BARONI & URBANI & BUSER, 1976 . Similarity of binari data Syst. Zool., 25. 251 – 259.
- BRIKS, H.J. 1987 Recent Methodological developements in quantitative descriptive biogeography. Ann Zool. Fennici, 24: 165 – 178.
- BOUXIN.H. 1964 Evolution des peuplement de *Paracentrotus lividus* dans la region des Concarneau. C.S. Soc. Biogeogr. Fr. 40 :351-358.
- CALVÍN CALVO, J. Carlos 1995. El ecosistema marino Mediterráneo. Guía de su Flora y Fauna. Ed. J.C. Calvin, Murcia.
- CAMPBELL A. C.1979. Guía de campo de la Flora y Fauna de las costas de España y Europa. Ed. Omega. Barcelona.
- GARCIA RASO & LUQUE.A & TEMPLADO, J. & SALAS, C. & HERGUETA, E. & MORENO, D. & CALVO, M. 1992. Fauna y flora marinas del Parque Natural de Cabo de Gata – Níjar. Ed. Museo de C. Naturales. Madrid.
- GÖTHEL, Helmut. 1994. Fauna marina del Mediterráneo. E. Omega, Barcelona.
- HERNANDEZ - BERMEJO, J.E. y SAIZ OLLERO, 1984: El análisis de semejanza aplicado al estudio de barreras y fronteras fitogeográficas, su aplicación a la corología y endemoflora ibéricas. Anales. Jard. Bot. Madrid 40: 421 - 432.
- KEMPF, M. 1962. Recherches décologie compareé sur *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*. Rec. Trav. St. Mar. Endoume. 25(39):47-116
- LOPEZ IBOR, A. 1984. Equinodermos del mar de Alborán. Fondos coralígenos. Actas IV Simp. Iber. Estd. Benthos Mar. III 245-260.
- REAL, R. & VARGAS, J.M. 1995 The probabilistic basic of Jaccard's index of Similarity Sys. Bol. 45 (39 380 – 385, 1996.
- RODRIGUEZ., J. & IBAÑEZ, M. 1976. Contribución al conocimiento de los equinodermos (Asperoidea, Ophiuroidea, Equinoidea) de la bahía de Almería. Invs. Pesq., 40(2):445-462
- SIBUET.M. 1974. Equinodermes de la mer d'Alboran. Bull. Mus. Nat. His. Nat. 155:789-798.
- VARGAS, J.M. & REAL, R. & ANTUNEZ, A. 1992. Objetivos y métodos biogeográficos. Asoc. Herp. Esp. Vol 2. 1 – 107 pp.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, (Varios autores) 1993. Contaminación y otras agresiones sobre el litoral de las diez comunidades costeras españolas. Servicio de Publicaciones Universidad de Valencia -94.2042. Valencia.
- SOKAL & SNEATH, 1963 . Principles of Numerical Taxonomy. Freeman. San Francisco.