GOVERN DE LES ILLES BALEARS
Conselleria de Medi Ambient

# Implementación de la DMA en Baleares: evaluación de la calidad ambiental de las masas de agua epicontinentales utilizando indicadores e índices biológicos

# TOMO II: ZONAS HÚMEDAS


**Director del Estudio:** Alfredo Barón Pérez, Dirección General de Recursos Hídricos, Govern de les Illes Balears
**Coordinador:** Fernando Orozco, FOA Ambiental s.l.
**Directora científica:** Isabel Pardo Gamundi, Universidad de Vigo


UNIVERSIDADE DE VIGO


**Dirección General de Recursos Hídricos**
**Servicio de Estudios y Planificación**

# IMPLEMENTACIÓN DE LA DMA EN BALEARES: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS MASAS DE AGUA EPICONTINENTALES UTILIZANDO INDICADORES E ÍNDICES BIOLÓGICOS

## TOMO II: ZONAS HÚMEDAS


**DIRECTOR DEL ESTUDIO:** Alfredo Barón Périz

**COORDINADOR:** Fernando Orozco, FOA Ambiental s.l.

**DIRECTORA CIENTÍFICA:** Isabel Pardo Gamundi, Área de Ecología, Universidad de Vigo

**EQUIPO CIENTÍFICO:** Área de Ecología, Universidad de Vigo

Equipo redactor: Maruxa Álvarez Jimenez, Cristina Delgado Núñez, Liliana García Lago, Paloma Lucena Moyá

Equipo apoyo técnico: Mar Domínguez Fernández, Alfonso Nebra Costas, Maria Penalta Rodríguez



**Mayo 2007**

# Tomo II:
# Zonas Húmedas

Pág.

**2.1. Introducción ..... 1**

**2.2. Metodología desarrollada en el diseño de la red de puntos ..... 4**

2.2.1. Criterios generales de diseño de la red ..... 4
2.2.2. Morfometría ..... 4
2.2.3. Localización de los puntos de muestreo ..... 5

**2.3. Metodología desarrollada en los trabajos de campo ..... 10**

2.3.1. Protocolo general de muestreo ..... 10
2.3.2. Vegetación marginal y macrófita ..... 11
2.3.3. Estima de parámetros físico-químicos ..... 11
2.3.4. Toma de muestras de fitoplancton ..... 11
2.3.5. Toma de muestras de invertebrados bentónicos ..... 12

**2.4. Metodología desarrollada en los trabajos de laboratorio ..... 13**

2.4.1. Análisis de aguas ..... 13
2.4.2. Invertebrados bentónicos ..... 13
2.4.3. Fitoplancton ..... 14

**2.5. Análisis de datos ..... 15**

**2.6. Resultados ..... 20**

2.6.1. Establecimiento de tipologías ..... 20
2.6.1.1. Tipos morfológicos ..... 20
2.6.1.2. Tipos según DMA ..... 21
2.6.2. Condiciones de referencia: criterios de selección ..... 26
2.6.3. Validación de estaciones de referencia ..... 27
2.6.3.1. Tipo Oligohalino ..... 28
2.6.3.2. Tipo Mesohalino ..... 30
2.6.3.3. Tipo Euhalino ..... 32
2.6.4. Identificación de Gradientes de Presión ..... 34
2.6.4.1. Gradientes de presión dominantes ..... 35
2.6.4.2. Gradiente de presión por tipo: Oligohalino ..... 39
2.6.4.2.1. Gradiente de presión general ..... 39
2.6.4.2.2. Gradiente de presión trófica ..... 43
2.6.4.3. Gradiente de presión por tipo: Mesohalino ..... 46
2.6.4.3.1. Gradiente de presión general ..... 46
2.6.4.3.2. Gradiente de presión trófica ..... 49
2.6.4.4. Gradiente de presión por tipo: Euhalino ..... 52
2.6.4.4.1. Gradiente de presión general ..... 52
2.6.4.4.2. Gradiente de presión trófica ..... 55

2.6.5. Modelos de Clasificación del Estado Ecológico ..... 58
2.6.5.1. Modelo general por tipo: Oligohalino ..... 61
2.6.5.2. Modelo general por tipo: Mesohalino ..... 76
2.6.5.3. Modelo general por tipo : Euhalino ..... 91
2.6.6. Evaluación e Integración de las Clases de Estado Ecológico ..... 105
2.6.6.1. Tipo Oligohalino ..... 106
2.6.6.2. Tipo Mesohalino ..... 116
2.6.6.3. Tipo Euhalino ..... 126
2.6.7. Contribución al análisis de Presiones e Impactos ..... 135
2.6.7.1. Efecto de las depuradora y/o vertidos ..... 135
2.6.7.1.1. Tipo Oligohalino ..... 135
2.6.7.1.2. Tipo Euhalino ..... 136
2.6.7.2. Efecto del origen del agua ..... 137
2.6.7.2.1. Tipo Oligohalino ..... 137
2.6.7.2.2. Tipo Mesohalino ..... 140
2.6.7.2.3. Tipo Euhalino ..... 141
2.6.7.3. Efectos de la salinización e hidromorfología ..... 143
2.6.7.3.1. Tipo Mesohalino ..... 144
2.6.7.3.2. Tipo Euhalino ..... 146
2.6.7.4. Conclusiones al estudio del análisis de presiones ..... 148

**2.7. Conclusiones ..... 149**

2.7.1. Estado general de la red de humedales ..... 149
2.7.2. Propuesta de seguimiento y mejora de la red de humedales ..... 151
2.7.3. Recomendaciones para el programa de medidas ..... 152

**2.8. Bibliografia ..... 158**

**2.9. Anexos ..... 159**

Anexo 2.I. Metodología para la analítica de aguas ..... 160
Anexo 2.II. Matriz de parámetros físico-químicos* ..... 161
Anexo 2.III. Listado faunístico ..... 162
Anexo 2.IV. Listado fitoplanctónico ..... 178
Anexo 2.V. Matriz de composición y abundancia de invertebrados* ..... 188
Anexo 2.VI. Matriz de composición y abundancia de fitoplancton* ..... 189
Anexo 2.VII. Estadillo de campo ..... 190
Anexo 2.VIII. Fichas de humedales ..... 191
Anexo 2.IX. Diagramas de PIPER y STIFF ..... 235

* Se presentan en formato electrónico

## 2.1. INTRODUCCIÓN

Este volumen constituye la entrega final incluida dentro del convenio de colaboración entre la Agencia Balear del Agua y de la Calidad Ambiental y la Universidad de Vigo durante el periodo comprendido entre el año 2005 y el 2007. El estudio trata de diversos aspectos científico-técnicos relacionados con la aplicación de la Directiva Marco del Agua a las zonas húmedas de las Islas Baleares.

La Ley de Aguas (LA) establece una definición (ver apartado 3.2) que utiliza el término de "zonas húmedas" que incluye desde humedales naturales en sentido ecológico hasta las zonas húmedas creadas artificialmente. La utilización del término zonas húmedas, que arranca del Convenio Ramsar, hace que el importante cuerpo normativo que contiene la LA y sus reglamentos de desarrollo sean de aplicación compleja, especialmente al no basarse en una definición científica con base ecológica y no incluir criterios de delimitación. No obstante, la definición de la LA es la única que tiene carácter legal en España.

La Directiva Marco introduce el concepto de "masa de agua" y la considera como la unidad mínima de gestión. En el caso de las zonas húmedas se define masa de agua superficial como una parte diferenciada y significativa de agua superficial como un lago, un embalse o unas aguas de transición.

Las zonas húmedas se caracterizan por ser zonas de transición entre los ecosistemas acuáticos y los ecosistemas terrestres, y en la Directiva Marco del Agua (DMA) no se contemplan como masas de agua independientes, si no que deben asociarse a alguna masa de agua, ya sea superficial o subterránea. En concreto en el artículo 1, objeto de la directiva, se establece que el marco de protección de las aguas debe prevenir "todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestre y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos". Así pues reconoce la importancia de las zonas húmedas como ecosistemas terrestres asociados a ecosistemas acuáticos.

En el presente convenio se presentan los protocolos diseñados para los trabajos de muestreo de campo y laboratorio, y se suministran los datos analizados en laboratorio. Mediante criterios de expertos, examen de fotografía aérea y recogida de información local, se establecieron criterios de referencia que permitieron la selección de localidades de referencia o en un supuesto *muy buen estado* en las zonas húmedas estudiadas, caso que no se dieran las condiciones de referencia dentro de alguno de los tipos establecidos.

Se han analizado ya el global de las muestras contempladas en red de muestreo de los humedales de las Islas Baleares. Se han muestreado la casi totalidad de los humedales existentes en las islas (33 zonas húmedas). El diseño de la red de zonas húmedas en las islas Baleares, obedece a las especificaciones de la Directiva Marco del Agua, la evaluación de forma inicial y general de las presiones dominantes y las condiciones de referencia que permiten diseñar el sistema de clasificación del estado ecológico. Se han extraído ejes de presión en base a las variables ambientales de la composición físico-química del agua y usos antrópicos en los humedales (salinas).

El sistema de clasificación se ha basado en dos elementos de calidad biológica, el fitoplancton y los invertebrados bentónicos litorales. Las condiciones físico-químicas deben cumplirse para el Buen estado. Según el principio "uno fuera - todos fuera" se han acoplado los resultados de los componentes, fitoplancton e invertebrados, en el sistema de clasificación del estado ecológico de los humedales.

Los invertebrados y fitoplancton tienden a dar distinta indicación en el caso de las zonas húmedas pertenecientes al tipo mesohalino, cuando existe modificación física del hábitat y tendencia a la salinización (por ejemplo las salinas activas). Este tipo de presión no tiende a aumentar los niveles de nutrientes en los humedales afectados, y por lo tanto no influye sobre la biomasa del fitoplancton, aunque si afecta al hábitat y a la variación anual en la concentración de sales, influenciando a la comunidad bentónica de invertebrados. Se ha observado una alta variabilidad temporal en el fitoplancton, cambios en las comunidades de fitoplancton que necesitan de futura investigación para poder validar, y en su caso mejorar las herramientas de evaluación presentadas en este informe.

Se han desarrollado métricos múltiples para invertebrados que comprenden los parámetros especificados por la Directiva para la evaluación de este elemento de calidad biológica, diversidad ecológica, riqueza de taxones, abundancias y relación entre especies tolerantes y sensibles a la perturbación. Estos multimétricos reducen la probabilidad de clasificación errónea de puntos. Y se han seleccionado y combinado en función de su relación con los gradientes de presión estudiados, y en función de su eficiencia discriminatoria, entre la condición de referencia y los puntos sometidos a presiones dominantes. Se han generado métricos múltiples con eficiencias discriminatorias altas, que aseguran los resultados de la clasificación del estado ecológico para las aguas naturales de los humedales de las Islas Baleares.

Por último se presenta el estado ecológico de los puntos que constituyen la red de muestreo de humedales en las Islas Baleares, en función de las 5 clases de estado ecológico. Estas clases reflejan el estado ecológico de puntos de muestreo.

La clasificación del estado ecológico suministrado representa el estado ecológico de la localidad muestreada. La evaluación del estado ecológico de las masas de agua en su totalidad se debe integrar en la evaluación de presiones e impactos y la identificación de las alteraciones físicas que podría justificar su identificación como candidato de masa de agua muy modificada.

### 2.1.1. Objetivos del estudio

El objetivo principal de este trabajo es proporcionar un método de evaluación del estado ecológico de las zonas húmedas de las islas Baleares utilizando indicadores e índices biológicos. Para alcanzar este objetivo se han considerado los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar las características morfométricas de las zonas húmedas estudiadas
2. Analizar la calidad físico-química de sus aguas
3. Caracterizar las comunidades acuáticas: invertebrados y fitoplancton
4. Establecer una tipología de zonas húmedas en función de la comunidad de invertebrados
5. Definir los criterios de referencia e identificar las masas de agua de referencia para cada tipo
6. Desarrollar un sistema de clasificación del estado ecológico de las zonas húmedas de las Islas Baleares
7. Definir propuestas de seguimiento para las redes de vigilancia y operativa, así como de mejora del diseño de la red actual.

Los trabajos realizados para cumplir con estos objetivos se organizaron en dos ámbitos complementarios, correspondientes a las labores de campo/laboratorio (i.e., obtención de datos) y a las labores de gabinete (i.e., desarrollo de la base de datos). Además, el desarrollo de estos ámbitos vino precedido de una búsqueda de la información existente sobre las zonas húmedas de las islas Baleares, lo que ayudó a la selección de los puntos de muestreo.

## 2.2. METODOLOGÍA DESARROLLADA EN EL DISEÑO DE LA RED

Previa a la realización de las campañas de muestreo se llevó a cabo una búsqueda de información, basada principalmente en el estudio de los inventarios de zonas húmedas de las Islas Baleares que habían sido desarrollados hasta la fecha. Así mismo, se recopilaron los artículos, libros y documentos escritos o de la red, que pudiesen aportar información sobre las zonas húmedas del archipiélago. Del estudio del material recopilado se obtuvo un listado de zonas húmedas a partir del cual se estructuraron los trabajos a realizar y se determinaron el número concreto de zonas húmedas a contemplar en el estudio. Además, y siempre que ha sido posible, se han mantenido conversaciones con residentes en la zona (agricultores, ganaderos, propietarios, guardas, personal de ayuntamientos,...), con objeto de obtener información sobre acontecimientos ocurridos en el lugar, así como posibles modos y formas de gestión de la zona húmeda existente. Parte de esta información se incluyó en la base de datos como complemento de los datos obtenidos directamente por el equipo de la Universidad de Vigo.

### 2.2.1. Criterios generales para el diseño de la red de puntos

Para la selección de las zonas húmedas a incluir en el presente estudio, y basándonos en la información recopilada, sólo se incluyeron las zonas húmedas naturales. Así, se excluyeron del estudio las zonas húmedas artificiales (p.e., embalses) y las muy modificadas, que son aquellas que han sufrido fuertes modificaciones, especialmente en su funcionamiento hidráulico.

Dentro de cada una de las zonas húmedas seleccionadas se distribuyeron un número variable de puntos de muestreo (entre 1 y 6). La selección del número de puntos se hizo en función del tamaño y heterogeneidad espacial de cada zona húmeda, atendiendo a la existencia de distintas zonas de vegetación representativas de los distintos ambientes dominantes.

### 2.2.2. Morfometría

Las zonas húmedas objeto de estudio en las Islas Baleares suponen, conforme a la base de datos existente un total de 4571.96 ha. Por islas, la división del ámbito de estudio es la siguiente: Mallorca (2919.30 ha), Formentera (600.23 ha.), Ibiza (552.54 ha.) y Menorca

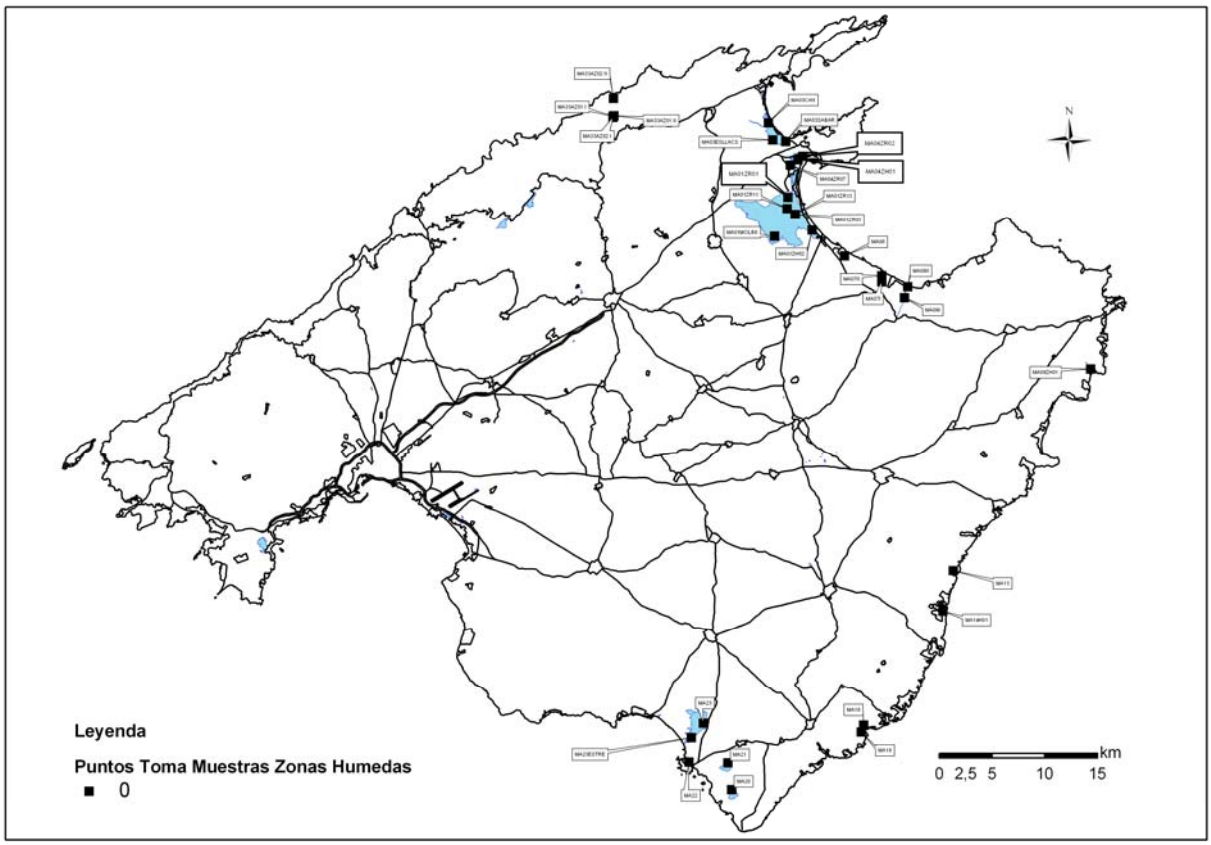
(499.99 ha). De acuerdo a la clasificación Genético Funcional de los Humedales y Lagos Españoles del Inventario de Humedales de la DGOH (1991) la mayoría de las zonas húmedas de Baleares corresponderían a humedales Costeros Mediterráneos (3.2) y algunos a humedales Interiores tipo esteparios salinos (A.3.2). A los efectos de discriminar las distintas situaciones que se plantean dentro de este marco el Gobierno Balear ha desarrollado una propuesta de clasificación jerarquizada para la correcta gestión de los distintos humedales de Baleares (Decreto de Humedales). A tal efecto, los diferentes los *tipos morfológicos* (a los cuales se harán mención en el apartado 2.6.2.1 de este trabajo) vienen determinados por la articulación de la cubeta que contempla y sintetiza la morfología de la cubeta así como por los procesos morfogenéticos y morfodinámicos que la originan.

### 2.2.3. Localización de los puntos de muestreo

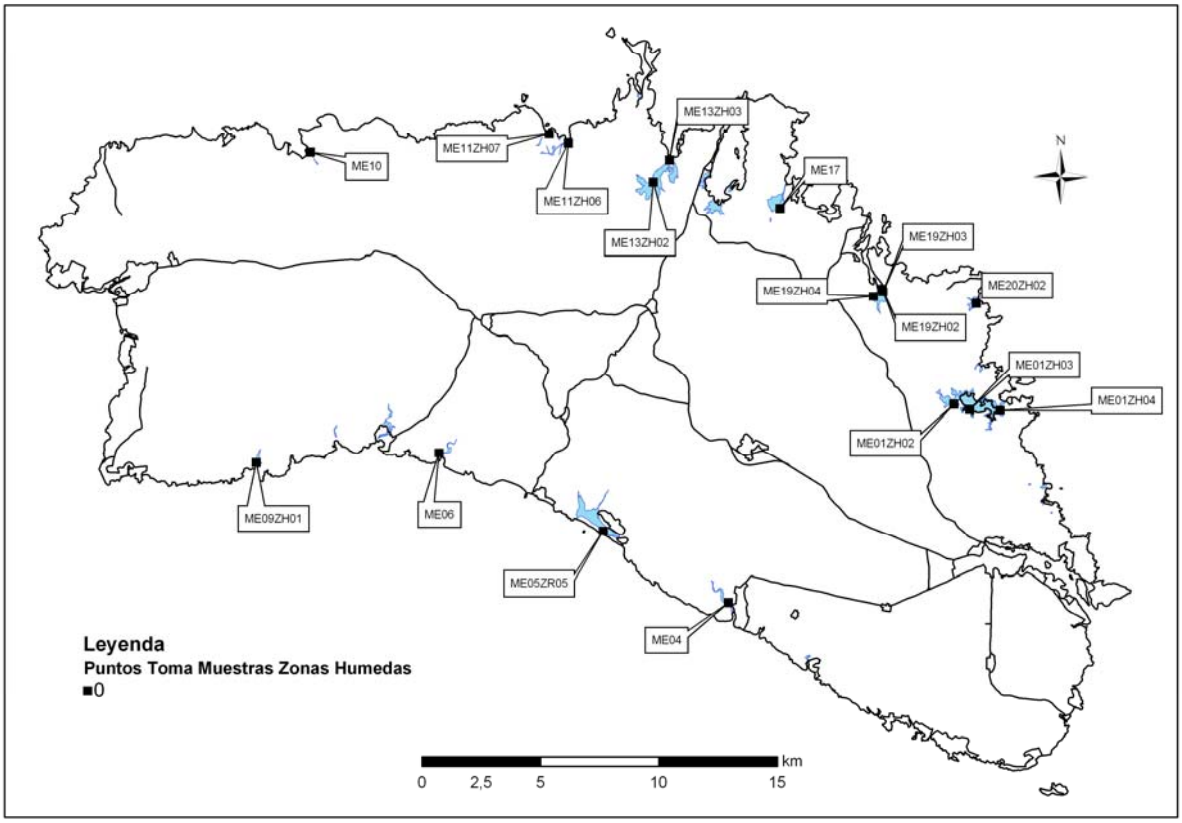
En los mapas 1 a 3, se muestran las tres islas y las zonas húmedas que se han tenido en cuenta en este estudio. En total se estudiaron 55 puntos, distribuidos en 33 zonas húmedas (Tabla 2.1). La isla que mayor número de zonas húmedas aporta al ámbito considerado es Mallorca (31 puntos, distribuidos en 16 ZH), seguida de Menorca (17 puntos, distribuidos en 11 ZH). La importancia relativa de las otras dos islas (Formentera, con 4 puntos pertenecientes a 4 ZH, e Ibiza, con 3 puntos incluidos en 2 ZH) es muy inferior (Tabla 2.1). Más información de cada una de las zonas húmedas incluidas en este estudio aparece en sus respectivas fichas (*Anexo 2.VIII*).

| Isla | ZH | ID_SubZona | ID_SubZona CAIB | Toponimo | X_UTM | Y_UTM | Tipo Salindad | Tipo morfológico | Referencias |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| FO | F001 | FO01 | FOH03 | Estany Pudent | 363963 | 4286497 | Oligohalino | LL | No ref |
| | F002 | FO02 | FOH04 | Estany des Peix | 361167 | 4287439 | Euhalino | PL | No ref |
| | F003 | FO03 | FOH02 | Salines de Formentera | 364167 | 4288939 | Euhalino | PL | No ref |
| | F004 | F004 | FOH01 | Estany de s´Espalmador | 363311 | 4294033 | Euhalino | LL | Ref |
| IB | EI01 | EI011ZH01 | EIH04ZH01 | Salines Eivissa | 358536 | 4301742 | Euhalino | PL | No ref |
| | EI01 | EI01ZH02 | EIH04ZH02 | Salines Eivissa | 360583 | 4304070 | Euhalino | PL | No ref |
| | EI02 | EI02 | EIH03A | Feixes Talamanca Vila | 365583 | 4308513 | Mesohalino | PL | No ref |
| MA | MA01 | MA01MOLINI | MAH07Molini | Albufera de Mallorca | 507692 | 4402660 | Mesohalino | A | No ref |
| | MA01 | MA01ZH02 | MAH07ZH02 | Albufera de Mallorca | 511185 | 4403184 | Oligohalino | A | No ref |
| | MA01 | MA01ZR01 | MAH07ZR01 | Albufera de Mallorca | 508920 | 4406396 | Mesohalino | A | No ref |
| | MA01 | MA01ZR03 | MAH07ZR03 | Albufera de Mallorca | 509695 | 4404793 | Oligohalino | A | No ref |
| | MA01 | MA01ZR11 | MAH07ZR11 | Albufera de Mallorca | 508873 | 4405348 | Oligohalino | A | No ref |
| | MA01 | MA01ZR13 | MAH07ZR13 | Albufera de Mallorca | 509566 | 4404739 | Oligohalino | A | No ref |
| | MA03 | MA03CAN | MAH04Can | Albufereta de Pollença | 50711 | 4413505 | Mesohalino | A | No ref |
| | MA03 | MA03ESLLACS | MAH04EsLlacs | Albufereta de Pollença | 507539 | 4411904 | Mesohalino | A | No ref |
| | MA03 | MA03SABAR | MAH04Sabar | Albufereta de Pollença | 508713 | 4411796 | Mesohalino | A | No ref |
| | MA04 | MA04ZH01 | MAH05ZH01 | Prat Maristany-Estany Ponts | 509918 | 4409975 | Mesohalino | PL | No ref |
| | MA04 | MA04ZR02 | MAH05ZR02 | Prat Maristany-Estany Ponts | 510369 | 4410330 | Oligohalino | PL | No ref |
| | MA04 | MA04ZR07 | MAH05ZR07 | Prat Maristany-Estany Ponts | 509194 | 4409477 | Mesohalino | PL | No ref |
| | MA06 | MA06 | MAH08 | Estany de Son Bauló | 514335 | 4400767 | Oligohalino | BD | No ref |
| | MA07 | MA07I | MAH09I | Estany de Son Real | 517851 | 4398338 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA07 | MA07II | MAH09II | Estany de Son Real | 517878 | 4398892 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA08 | MA08I | MAH10I | Estany de Na Borges | 520018 | 4396796 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA08 | MA08II | MAH10II | Estany de Na Borges | 520234 | 4397713 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA09 | MA09ZH01 | MAH11 | Estany de Canyamel | 537700 | 4390062 | Oligohalino | BD | No ref |
| | MA13 | MA13 | MAH15 | Estany de Cala Magraner | 524664 | 4370847 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA14 | MA14H01 | MAH16 | Estany de Cala Murada | 523677 | 4366997 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA18 | MA18 | MAH19 | Fonts de Na Lis | 516154 | 4356089 | Euhalino | BD | No ref |
| | MA19 | MA19 | MAH20 | S'Amarador | 515927 | 4355442 | Mesohalino | BD | No ref |
| | MA20I | MA20 | MAH21 | Estany de ses Gambes | 503619 | 4349961 | Euhalino | BI | Ref |
| | MA21 | MA21 | MAH22 | Estany des Tamarells | 503266 | 4352503 | Oligohalino | BI | No ref |
| | MA22 | MA22 | MAH23 | Salines de la Colònia de Sant Jordi | 499699 | 4352656 | Euhalino | PL | Ref |
| | MA23 | MA23Estre | MAH24Estre | Salobrar de Campos | 499795 | 4354917 | Euhalino | PL | No ref |
| | MA23 | MA23Salobrar | MAH24Salobrar | Salobrar de Campos | 500928 | 4356301 | Mesohalino | PL | No ref |
| | MA33 | MA33AZ01 I | sin codigo | Embassament de Mortix | 492376 | 4414101 | Oligohalino | E | No ref |
| | MA33 | MA33AZ01 II | sin codigo | Embassament de Mortix | 492450 | 4414141 | Oligohalino | E | No ref |
| | MA33 | MA33AZ02 I | sin codigo | Embassament de Mortix | 492350 | 4414005 | Oligohalino | E | No ref |
| | MA33 | MA33AZ02 II | sin codigo | Embassament de Mortix | 492400 | 4415800 | Oligohalino | E | No ref |
| ME | ME01 | ME01ZH02 | MEH11ZH02 | Albufera des Grau | 606109 | 4422784 | Mesohalino | A | No ref |
| | ME01 | ME01ZH03 | MEH11ZH03 | Albufera des Grau | 606788 | 4422630 | Mesohalino | A | Ref |
| | ME01 | ME01ZH04 | MEH11ZH04 | Albufera des Grau | 608076 | 4422581 | Mesohalino | A | Ref |
| | ME04 | ME04 | MEH15 | Gola de Cala en Porter | 596592 | 4414442 | Oligohalino | BD | No ref |
| | ME05 | ME05ZR05 | MEH16 | Prat de Son Bou | 591311 | 4417497 | Oligohalino | PL | No ref |
| | ME06 | ME06 | MEH17 | Gola del Torrent de Trebaluger | 584402 | 4420775 | Oligohalino | BD | No ref |
| | ME09 | ME09ZH01 | MEH20 | Prat de Bellavista - Son Saura (Sud) | 576672 | 4420375 | Oligohalino | BD | Ref |
| | ME10 | ME10 | MEH21 | Gola del Torrent d'Algaiarens | 578950 | 4433482 | Oligohalino | BD | No ref |
| | ME11 | ME11ZH06 | MEH22BZH06 | Gola i maresme de Binimel·là | 589514 | 4433835 | Oligohalino | PL | No ref |
| | ME11 | ME11ZH07 | MEH22AZH07 | Gola i maresme de Binimel·là | 589026 | 4434260 | Oligohalino | BD | No ref |
| | ME13 | ME13ZH02 | MEH02ZH02 | Prat de Lluriac - Tirant | 593420 | 4432250 | Oligohalino | BD | No ref |
| | ME13 | ME13ZH03 | MEH02ZH03 | Prat de Lluriac - Tirant | 594119 | 4433438 | Oligohalino | BD | No ref |
| | ME17 | ME17 | MEH06 | Albufera de Mercadal - Son Saura (Nord) | 598778 | 4431122 | Oligohalino | A | No ref |
| | ME19 | ME19ZH02 | MEH08ZH02 | Prats i Salines de Mongofre (Addaia) | 603135 | 4427669 | Mesohalino | PC | No ref |
| | ME19 | ME19ZH03 | MEH08ZH03 | Albufera de Mercadal - Son Saura (Nord) | 603103 | 4427585 | Mesohalino | PC | No ref |
| | ME19 | ME19ZH04 | MEH08ZH04 | Prats i Salines de Mongofre (Addaia) | 602740 | 4427348 | Mesohalino | PC | No ref |
| | ME20 | ME20ZH02 | MEH09 | Prat de Morella | 607050 | 4427092 | Oligohalino | PL | Ref |

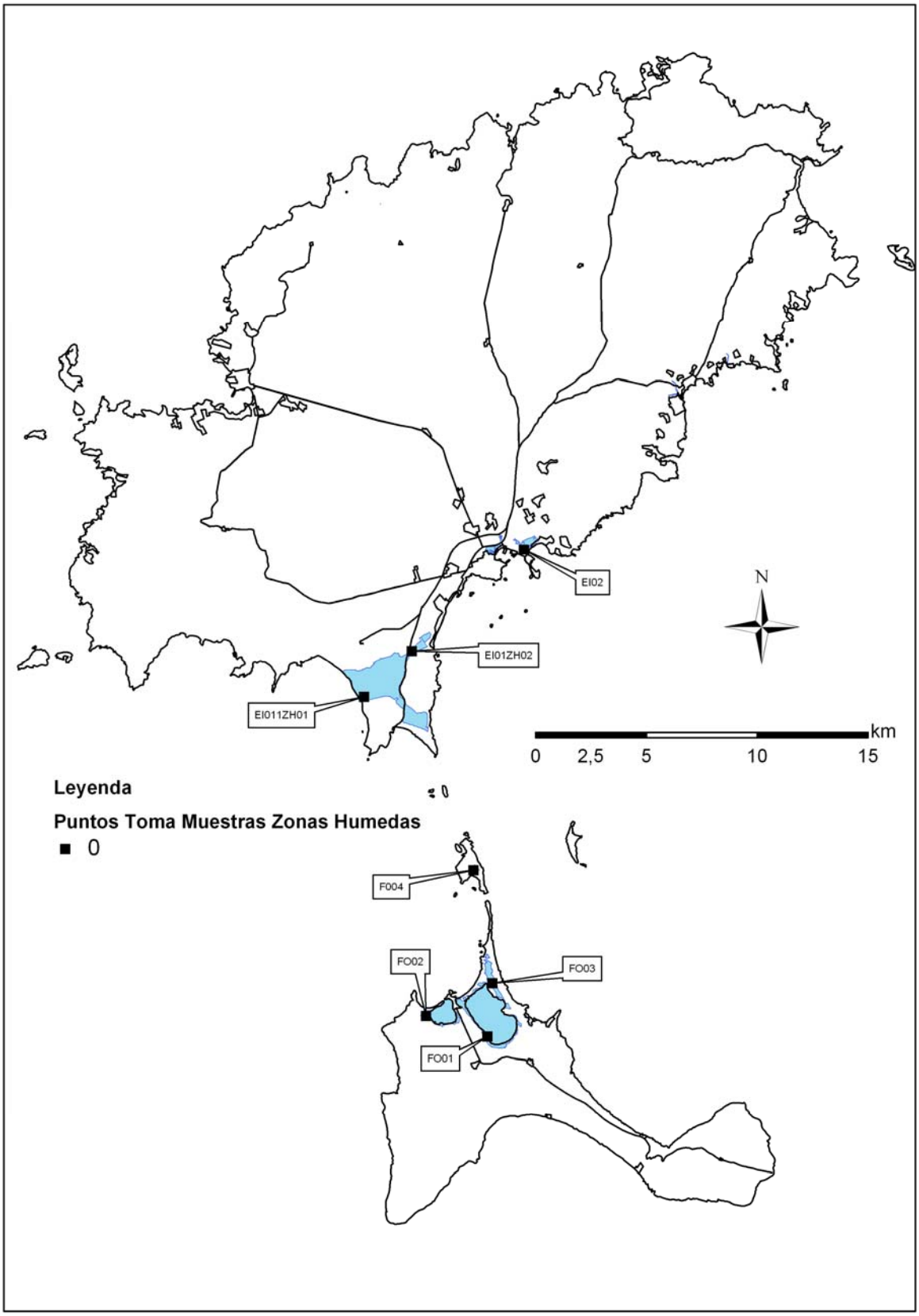
Tabla 2.1. Tabla síntesis de las zonas húmedas y puntos estudiadas en ellos.
FO: Formentera; IB: Ibiza; MA: Mallorca; ME: Menorca
ZH: Zona húmeda
ID: identificador
A: Albufera, BD: Balsa de desembocadura, LL: Laguna litoral, PC: Prado costero, PL: Prado litoral, BI: Balsa de Interior, E: Embalse
Ref: Referencia; No ref: No referencia




**Mapa 1**. Localización de los puntos de muestreo en la Isla de Mallorca.




**Mapa 2**. Localización de los puntos de muestreo en la Isla deMenorca.




**Mapa 3**. Localización de los puntos de muestreo en las Islas de Ibiza y Formentera.

## 2.3. METODOLOGÍA DESARROLLADA EN LOS TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de campo fue realizado durante el periodo comprendido entre mayo-junio de 2005 y mayo/junio del 2006. Se realizaron un total de 4 campañas de muestreo que se llevaron a cabo con una periodicidad estacional: verano'05 (mayo-junio)[1], otoño'05 (noviembre y diciembre), primavera'06 (febrero y marzo) y verano'06 (mayo-junio). La primera campaña (mayo 2005) sirvió para comprobar el estado de las zonas húmedas seleccionadas, identificar el número de puntos de muestreo a realizar en cada una de ellas y estandarizar metodologías. Los datos obtenidos en las 3 campañas siguientes, correspondientes a un mismo ciclo hidrológico, son las que se utilizaron, en su caso, para el estudio de la comportamiento medio de cada una de las masas de agua consideradas.

### 2.3.1. Protocolo general de muestreo

Cada campaña de muestreo se desarrolló según un esquema común de actuación preestablecido, variándose según las necesidades y problemáticas que presentara cada zona húmeda en concreto. Se realizaron diversas tareas por los miembros del equipo:

- **Observación y descripción de la vegetación sumergida y riparia**.
- **Identificación del número de puntos de muestreo** a realizar atendiendo al tamaño de la zona húmeda y a la existencia de distintas manchas de vegetación representativas de los distintos ambientes dominantes
- **Delimitación de cada punto** de muestreo mediante GPS (Garmin GPS12).
- **Reportaje fotográfico** de cada zona húmeda por medio de una cámara digital, tomando en ocasiones según el interés de cada lugar, fotografías panorámicas o puntuales de aspectos concretos, tales como determinados impactos, características naturales especiales, etc.
- **Toma de muestras**: para evitar que la toma de unas muestras pudiese influir en las siguientes el proceso de recogida de muestras siguió la siguiente secuencia temporal:

  **1º.** Estima de parámetros físico-químicos *in situ* y toma de muestras de agua.

  **2º.** Toma de muestras de fitoplancton

  **3º.** Toma de muestras de invertebrados

[1] Nótese que la denominación de las campañas (primavera y verano), no corresponde exactamente a dichas estaciones, sino al invierno y primavera.

**4º.** Las muestras se tomaron a lo largo de 50 metros del litoral en una banda que iba desde la orilla hasta 3 metros hacia el interior de la zona húmeda.

– **Observación de posibles impactos** existentes en cada zona húmeda, así como una primera aproximación a los posibles usos que pueda acoger.

Muchas de las observaciones y estimas de parámetros realizados *in situ* se recogieron en un estadillo de campo realizado específicamente para el desarrollo de este estudio (*Anexo 2.VII*)

### 2.3.2. Vegetación marginal y macrófitas

En cada campaña de muestreo se realizó un inventario de la vegetación marginal así como de la vegetación sumergida del humedal. De manera general se procedió a la identificación *de visu* de los ejemplares observados. Cuando ha sido necesario, se han recogido muestras de vegetación para su posterior identificación en laboratorio, las cuales fueron debidamente etiquetadas y conservadas en el campo. En algunos casos se han realizado visitas a especialistas para la determinación de géneros que presentan especial complejidad.

Además se anotó la cobertura aproximada de cada taxa en cada una de las zonas húmedas estudiadas.

### 2.3.3. Estima de parámetros físico-químicos

En cada punto de muestreo se determinaron *in situ* ciertas variables físico-químicas del agua: Temperatura y pH (Termo Orion 3star), conductividad eléctrica y salinidad (termo Orion 115A+) y oxígeno disuelto (Termo Orion 835). Para estimar el resto de las variables físico-químicas evaluadas en este estudio (i.e., nutrientes, aniones, cationes, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, demanda biológica de oxígeno-DBO-, carbono orgánico disuelto –DOC-, etc.) se tomaron muestras de agua para el posterior análisis en el laboratorio. Estas muestras de agua se recogieron en los mismos puntos donde previamente se habían introducido los electrodos. Las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0.4 m aproximadamente desde la superficie, recogidas en recipientes de polipropileno y vidrio, almacenadas en oscuridad y refrigeradas a 4ºC hasta su posterior análisis en laboratorio. Tanto las determinaciones *in situ* como la recogida de muestras de agua se realizaron siguiendo los protocolos y metodologías indicados en el *Anexo 2.I.*

### 2.3.4. Toma de muestras de fitoplancton

Se tomaron dos tipos de muestras de fitoplancton, unas para el análisis de biomasa y otras para el análisis cuantitativo y cualitativo de la composición de la comunidad.

La toma de muestras para el análisis de la biomasa fitoplanctónica se realizó filtrando volúmenes conocidos de agua (variables en función de contenido sestónico) a través de filtros de fibra de vidrio (Whatman GF/F con un tamaño de poro de 0,45 µm), utilizando una bomba de vacío manual. Estos filtros se guardaron posteriormente en recipientes opacos y se congelaron hasta ser procesados en el laboratorio, donde estas muestras se usaron para el cálculo de dos parámetros: a) la concentración de pigmentos fotosintéticos (clorofila, Cl-*a*), y b) la cantidad de materia orgánica particulada en suspensión (materia orgánica libre de cenizas –AFDM-).

Para el estudio de las comunidades de fitoplancton se hicieron dos tipos de muestreo, uno cualitativo (i.e., determinación de la composición taxonómica) y el otro cuantitativo (i.e., estima de la abundancia fitoplanctónica). En el primer caso, se filtraron in situ, cantidades variables de agua, a través de una malla de plancton con un poro de 20 µm. La cantidad de agua filtrada varió en función del contenido sestónico de cada punto, añadiendo el volumen necesario para tupir la malla. Las muestras recogidas en la malla se conservaron añadiéndoles unas gotas de formaldehído al 40%. Para la obtención de datos cuantitativos se recogieron 3 muestras de agua de 250 ml, a una profundidad aproximada de 20 cm, se guardaron en botellas de cristal opacas y se les añadió una solución yodada de lugol al 1% para su conservación. A partir de la segunda campaña hubo algunas masas de agua en las cuales, debido a la baja abundancia de fitoplancton que presentaban de forma natural –lo cual se comprobó en la primera campaña-, las muestras de agua (de 2 a 7 litros) se concentraron utilizando una malla de 20 µm.

### 2.3.5. Toma de muestras de invertebrados bentónicos

Las muestras de invertebrados bentónicos se tomaron con un kick (una manga de mano en forma de "D" con unas dimensiones estándares de 0,25 m*0,25 m y 0,1 mm de luz de malla), utilizando el método de muestreo en múltiple hábitats de la EPA (Barbour et al., 1999). Se cogieron un total de 10 kicks por punto de muestreo, distribuidos en número proporcional a los hábitats más representativos de las zonas seleccionadas. Así, la unidad de esfuerzo de

muestreo semicuantitativo fue de 1,25 m² (10 kicks, cada uno de área 0,25*0,5 m). Las muestras fueron recogidas en una bolsa de elevada dureza (Galga 200) y doble, y se fijaron *in situ* en etanol al 70%. Aunque este tipo de muestreo esté diseñado para invertebrados bentónicos, debido al paso del kick a lo largo de la columna de agua (no muy profunda en la zona litoral) y por el sedimento, también se incluyen taxones pertenecientes al zooplancton.

## 2.4. METODOLOGÍA DESARROLLADA EN LOS TRABAJOS DE LABORATORIO

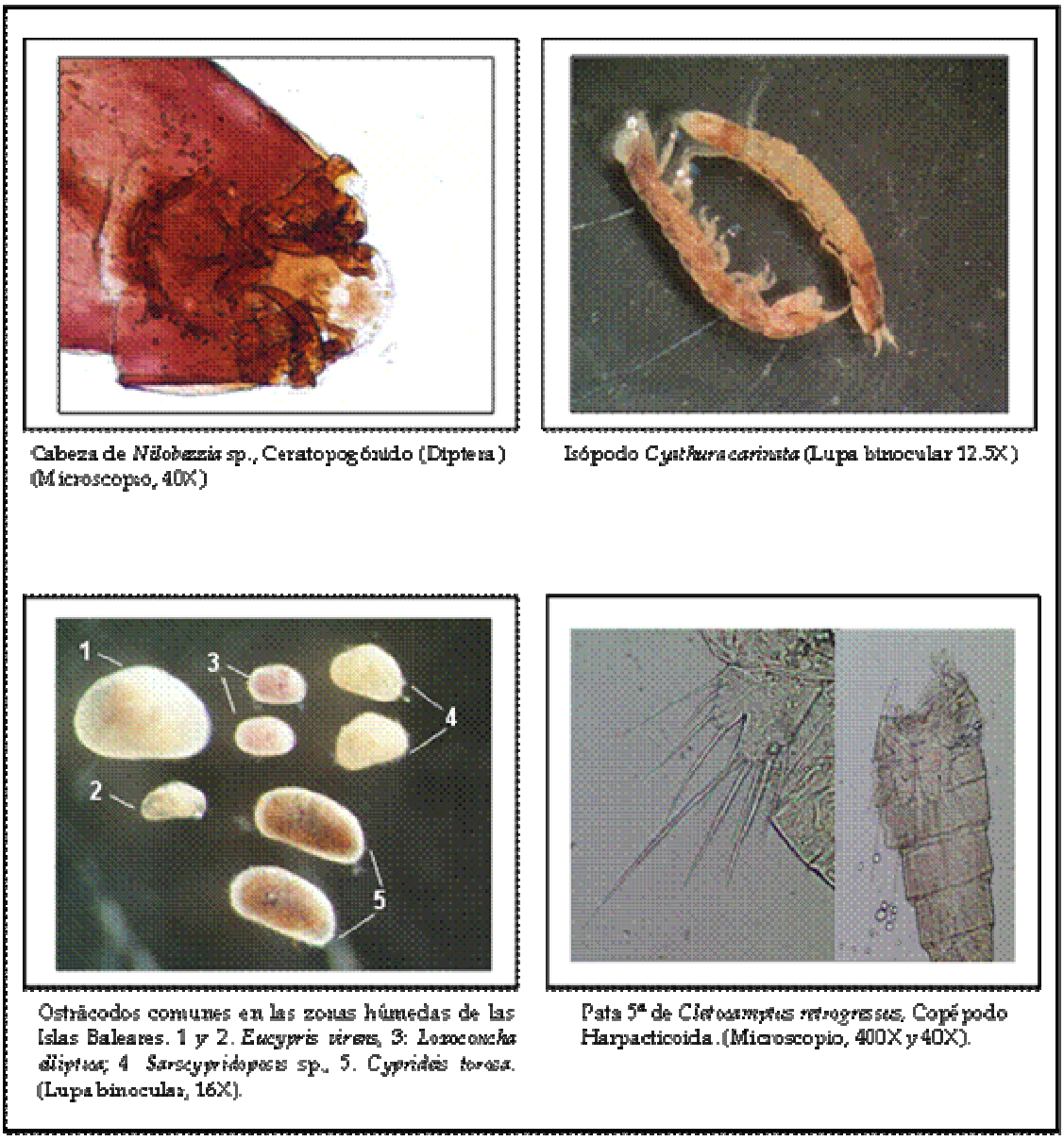
### 2.4.1. Análisis de aguas

El conjunto de los parámetros analizados y el método analítico utilizado para la determinación de cada uno de ellos aparecen en el *Anexo 2.I*. Las muestras de aguas recogidas se analizan en el laboratorio o bien se envían al Centro de Apoyo Científico y Tecnológico a la Investigación de la Universidad de Vigo (C.A.C.T.I.) para su análisis según la metodología establecida (*Anexo 2.I*).

### 2.4.2. Invertebrados bentónicos

En laboratorio, los organismos fueron separados mediante una columna de tamices con diferente luz de poro: 5 mm, 1 mm y 0,1 mm, obteniéndose así tres fracciones, gruesa, media y fina, respectivamente. Posteriormente se procedió a la separación de los invertebrados de cada fracción, para ser contados e identificados. En los casos en que el número de individuos en una determinada fracción fuese muy elevado, se realizó un submuestreo. Para esto, el contenido de la muestra se homogenizó sobre su tamiz correspondiente y se dividió en partes iguales, tomando tantas partes como fuesen necesarias hasta alcanzar o superar el umbral de 100 (Wrona et al, 1982). El material óptico utilizado para la identificación fue un microscopio Olympus U-TV1X a un aumento de 40X y una lupa Nikon SMZ645 con aumento 5X. El nivel de identificación de este estudio ha sido el mayor posible, mayormente a género y especie, excepto para Diptera (Familia, subfamilia, tribu), Oligochaeta (Familia) e Hydrachnidia, taxones que requieren un mayor tiempo de identificación, especialistas y precios más elevados por ello *(ver en listado faunístico en Anexo 2.III).*

Los ejemplares separados, una vez identificados y contados, se volvieron a fijar en etanol al 70% y se almacenaron. El resto de la fracción, caso de que se hubiera realizado submuestreo, también se fijó y guardó.



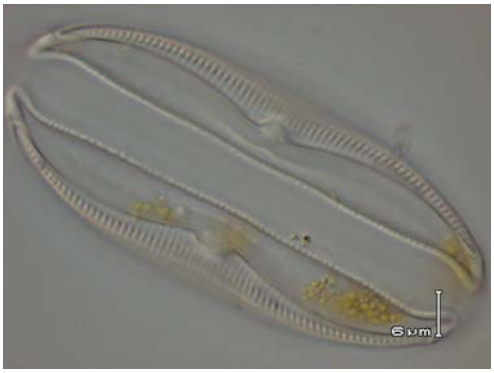

Cabeza de *Nilobezzia* sp., Ceratopogónido (Diptera) (Microscopio, 40X)

Isópodo *Cyathura carinata* (Lupa binocular 12.5X)

Ostrácodos comunes en las zonas húmedas de las Islas Baleares. 1 y 2. *Eucypris virens*, 3: *Loxoconcha diptera*; 4 *Sarscypridopsis* sp., 5. *Cyprideis torosa*. (Lupa binocular, 16X).

Pata 5ª de *Cletocamptus retrogressus*. Copépodo Harpacticoida. (Microscopio, 400X y 40X).

*LÁMINA 1: Muestras de invertebrados recogidos en las zonas humedales de las Islas Baleares*



*Amphora veneta*

*Chlamydomonadal*

*Euglena clavata*

*Euglena texta*

*LÁMINA 2: Muestras de algas fitoplanctónicas recogidos en las zonas humedales de las Islas Baleares*

### 2.4.3. Fitoplancton

El método de extracción de la cl-*a* se hizo en frío (4ºC) y en acetona al 90%. La determinación de la concentración de cl-*a* se realizó por espectrofotometría ((UV/VIS UV4 Spectrometer; Unicam, Cambridge, UK). Las longitudes de onda y los coeficientes empleados para los cálculos fueron los propuestos en el método monoromático de Lorenzen (1967). Para el cálculo de la AFDM, los filtros se secaron (1 día, 60 ºC), se llevaron a temperatura ambiente, y se pesaron. Después se introdujeron en la mufla (2.5h., 500 ºC) para proceder a la combustión de la materia orgánica, obteniendo el peso seco de la materia orgánica fitoplantónica por diferencia de los dos pesos obtenidos.

Las muestras cualitativas se identifican con un microscopio Olympus BX61 con contraste interferencial Nomarski. En la identificación se llegó al menor nivel taxónomico posible, ayudándonos de la bibliografía disponible (p.e., Krammer & Lange-Bertalot 1988, 1991, Dillard 1999, 2000, John *et al.* 2002, Komárek & Anagnostidis 2005, entre otros) *(ver listado fitoplanctónico en Anexo 2.IV)*.

Para el análisis cuantitativo, las muestras de la primera campaña se sedimentaron directamente en cámaras, empleando alícuotas de 30 ml en cada cámara. Si después de 24 horas de sedimentación no se observaba suficiente concentración se eliminaba el sobrenadante de la cámara y se añadían unos 20 ml más de muestra, así las veces necesarias hasta que aparecían individuos en la mayoría de los campos. Dependiendo de la concentración de fitoplancton en las muestra se contaron de 20 a 160 campos.

Con las muestras de las 3 campañas siguientes (Otoño 2005 y Primavera y Verano 2006), el procedimiento consistió en dejar sedimentar en matraces y durante dos días, unos 250 ml de la muestra. Al cabo de 2 días se eliminaba el sobrenadante y el sedimento (unos 20 ml) se pasó a las cámaras, donde se dejaba sedimentar un día más antes de proceder al conteo. Si se observaba que había mucha concentración fitoplanctónica se sedimentaba menos volumen de muestra (la mitad o la cuarta parte).

El cálculo de la abundancia se realiza contando los individuos presentes en 20-50 campos (dependiendo de la abundancia que aparece en los 10 primeros campos contados). En el caso de colonias se cuenta cada célula como si fuera un individuo. En las cianofíceas filamentosas se cuenta cada célula como un individuo, aunque hay casos en los que no se observa la separación de las células, como en *Spirulina*, *Limnothrix*, *Pseudanabaena*, etc. en estos casos se

cuenta cada filamento como un individuo. El microscopio utilizado para contar el número de individuos es un microscopio invertido Nikon a un aumento de 40x.

## 2.5. ANÁLISIS DE DATOS

El primer objetivo de este trabajo consiste en establecer una tipología que permita reducir la variabilidad natural de las zonas húmedas, en función de un número reducido de parámetros que determinan su funcionamiento. Tanto para la obtención de tipos con los datos físico-químicos como con los indicadores biológicos, se han utilizado métodos estadísticos de ordenación con el fin de minimizar la subjetividad de los resultados y sintetizar los datos obtenidos en nuevas variables más generales e interpretables.

***Establecimiento de tipologías.-*** En primer lugar se estudió la posibilidad de utilizar la clasificación en tipos morfológicos establecida por la *Consellería de Medi Ambient* de las Islas Baleares en el Decreto de humedales. Para ello se partió de la matriz de datos de caracterización biótica de las referencias (composición y abundancia de invertebrados y fitoplancton) obtenidos en este estudio. Para cada base de datos se realizó una ordenación mediante escalamiento multidimensional (MDS), partiendo de la matriz de similaridades realizada en base al índice de Bray- Curtis. En segundo lugar se utilizaron los datos de caracterización físicoquímica (composición iónica) obtenidos en este estudio para establecer una nueva tipología.

***Contraste de la tipología generada.-*** Para comprobar si la tipología anteriormente definida mediante los valores de salinidad, se ajustaba a la distribución de las comunidades biológicas se realizó una ordenación mediante escalamiento multidimensional (MDS, non-metric multidimensional scaling) con los datos de las comunidades biológicas. Este tipo de ordenación representa las muestras recogidas en cada estación de muestreo en base a la similitud en la composición de sus comunidades, y lo hace tomando como base la matriz de similaridades generada a partir del índice de Bray- Curtis.

***Validación de referencias.-*** Una vez establecida la tipología definitiva, se validaron las referencias que habían sido escogidas *a priori*. Para cada tipo se realizaron ordenaciones MDS de todos los puntos de muestreo y se vio la posición relativa de las referencias frente a las "no referencias". En estas ordenaciones se partió de la matriz de datos de invertebrados obtenida para cada tipo.

***Identificación de gradientes de presión.-*** Se analizaron los datos físico-químicos por tipo, para explorar los posibles gradientes de presión que afectan a las masas de agua. Con el fin de eliminar aquellas variables dependientes unas de otras o cuya información sea redundante, se realizó un análisis de correlación entre todas las variables físico-químicas estimadas. En aquella pareja de variables cuyo coeficiente de correlación sea igual o superior a un 80%, se eliminó una de ellas. A fin de corroborar el estado de las referencias y el resto de los puntos de muestreo, se realizó una reducción de la dimensionalidad de los datos con análisis de componentes principales (PCA) con las variables físico-químicas para cada uno de los tipos definidos. Esto permitió explicar de forma conjunta los gradientes ambientales naturales y no naturales subyacentes en la base de datos. Los gradientes extraídos son nuevas variables que permiten conocer cuales de las variables hidroquímicas son las responsables de la variación temporal encontrada en los puntos de una misma zona húmeda.

***Obtención de métricos indicadores.-*** Con el fin de identificar aquellos taxones que potencialmente podrían servir como indicadores de presión, se realizaron análisis de correlación entre los ejes obtenidos con el PCA y los valores de las abundancias de taxones. Estos análisis se hicieron por tipo y de forma separada para cada elemento biológico (invertebrados y fitoplancton). Se comprueba qué métricos se encuentran más correlacionados con los gradientes de presión extraídos, considerándose métricos candidatos para su inclusión en el sistema de evaluación de cada tipo de zona húmeda. Se eliminan previamente aquellos métricos que muestran redundancias, por ejemplo que entre ellos exista un coeficiente de correlación mayor del 80%. La búsqueda de taxones indicadores se completó con la realización de un análisis de porcentajes de similaridad (*Similarity Percentage Analysis*, SIMPER), que calcula la contribución de cada taxón a la disimilaridad entre los dos grupos establecidos (referencia vs. no referencia). Además se ha utilizado el software ASTERICS v.3.01 (AQEM/STAR Ecological River Classification System) para el cálculo de métricos posibles a nivel de género y familias de invertebrados. ASTERICS es un software para el cálculo de métricos y un sistema de evaluación del estado ecológico para distintos países europeos dentro del proyecto AQEM desarrollado en el contexto de la Directiva Marco del Agua. ASTERICS está diseñado para ríos, pero permite su utilización en humedales, ya que a casi todos los taxa podían aplicárseles el código ASTERICS. Así, la obtención de métricos indicadores de presión se basó en el uso de las tres herramientas mencionadas: correlaciones con los gradientes de presión, SIMPER y ASTERICS.

***Clasificación del estado ecológico.-*** La comparación entre los valores de los métricos obtenidos para las condiciones de referencia por cada tipo con los valores obtenidos en el resto de las localidades permite valorar de forma cualitativa y cuantitativa el estado ecológico. La suma de aquellos métricos individuales que mejor discriminen entre referencias y no referencias da lugar a un índice Multimétrico para las Islas Baleares, calculado para cada elemento biológico (denominados INVHMIB, en el caso de invertebrados y FITOHMIB para el fitoplancton, acrónimos que aparecerán a lo largo del texto y los pie de figuras, no así en las figuras propiamente, ver punto 2.7.6) y tipo. Para poder obtener el multimétrico, los valores de los métricos individuales han tenido que ser previamente transformados y normalizados. A las abundancias se les aplica una transformación logarítmica mediante log(x+1), para ser después divididos por el máximo de la serie, y estar así estandarizados entre 0 y 1. Los métricos expresados en forma de frecuencia, se sustituirán por su valor en tanto por uno. Además, aquéllos métricos que tienden a aumentar frente a los gradientes de presión deben ser invertidos antes de fusionarse. La estandarización se hace dividiendo el valor de cada métrico por la mediana de los valores de las localidades de referencia. Una vez realizados estos procedimientos los métricos seleccionados se suman, obteniéndose como el valor del índice multimétrico para cada punto. El valor de este índice multimétrico se normaliza, dividiéndolo entre el máximo de la serie dando lugar al EQR (*Ecological Quality Ratio*), valor que oscila entre 0 y 1. En este texto aparecerán con los acrónimos, EQR- INV**HMIB** (**H**umedales **M**ultimétrico de las **I**slas **B**aleares), para invertebrado y EQR-FITO**HMIB**, para fitoplancton.

Para confirmar las clases resultantes generadas a partir de cada multimétrico, generaremos una ordenación multivariante MDS de todas las muestras pertenecientes a un mismo tipo. Esta ordenación nos permitirá visualizar y comprobar si la clasificación del estado resultante obtenida con los índices multimétricos se corresponde con las diferencias reales existentes entre las muestras de la ordenación.

De esta manera, y siguiendo con las directrices de la DMA, introducimos un sistema de clasificación de cinco clases de estado ecológico INICIAL, dividiendo equitativamente el rango 0-1 en cinco clases. Este sistema de clasificación, basado en las condiciones ecológicas específicas de las estaciones de referencia, clasifica a los torrentes según clases de estado, disminuyendo desde el muy buen estado hasta el malo, en función de la los valores de EQR obtenidos (Tabla 2.2). Así, el corte entre la clase de estado "*Muy bueno*" y el "*Buen*" estado es 0.8, habiéndose definido cortes sucesivos entre las clases restantes (Tabla 2.2).

En el presente convenio los objetivos de calidad de la DMA que se representan con el corte *Bueno/Moderado*, fijado en 0.6, se le va a asumir un error en la clasificación de 10%. Por ello el actual corte del 0.6 se reemplazará por el **0.5**, para el **apartado de evaluación e integración final** del estado ecológico (apartado 2.7.7.1) a la espera de una futura validación con más datos. En el sistema de clasificación por tipos de cada elemento biológico (apartado 2.7.6) se mantendrá el corte equidistante de 0.6, entre las clases de estado *Bueno y Moderado*.

| Corte | Grado de alteración | Clase de calidad | Color |
|---|---|---|---|
| | | Referencia | |
| >0.8 | Mínimo | Muy bueno | |
| 0.6-0.8 | Leve | Bueno | |
| 0.4-0.6 | Importante | Moderado | |
| 0.2-0.4 | Grave | Deficiente | |
| <0.2 | Muy grave | Malo | |

Tabla 2.2. Asignación de niveles de calidad a los distintos cortes de divergencia del EQR respecto a sus condiciones de referencia.

***Integración final.-*** Se desarrolla un sistema de clasificación, integrando los resultados de los dos elementos biológicos de calidad estudiados y los datos físico-químicos, para establecer la clase de *Estado Ecológica* única para cada punto estudiado. Para llegar a la integración, se realizaron previamente diagramas de barras de los EQR por campañas y del EQR medio, para cada elemento biológico de calidad. Posteriormente, se realizaron correlaciones con los EQR nombrados anteriormente, para decidir el EQR *óptimo*, para cada uno de los elementos biológicos. La integración de ambos, se lleva a cabo utilizando este EQR *óptimo*, de forma que aquéllas masas de agua cuyo EQR sea inferior a 0.5 para alguno de los dos elementos, se considerará que no "cumplen" con el estado ecológico, y se les asigna la peor de las dos clases de estado calculadas para cada elemento, siendo ésta la Clase de Estado Ecológica para la masa de agua en cuestión.

***Contribución al análisis de presiones e impactos.-***Con el objeto de identificar el efecto que sobre el estado ecológico tienen las principales presiones a las que se encuentran sometidos los humedales, se ha analizado la respuesta del EQR frente a tres tipos de presiones (*depuradoras/vertidos, origen hipógeo del agua y carga en nutrientes, y presión de salinización/modificación hidromorfológica*) para cada tipo de zona húmeda.

Todos los análisis de ordenación se han realizado sobre variables con distribución normal, para lo cual se realizarán las transformaciones de variables necesarias: log (x+1) para todos los datos de estimas absolutas y raiz cuarta ($\sqrt[4]{x}$) de aquellos valores expresados en forma de frecuencias. Además, para realizar los PCAs los valores fueron estandarizados (media/desviación estándar). Todas las ordenaciones multivariantes y análisis de similaridad SIMPER se realizaron con el programa estadístico, PRIMER 5 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) v5. Las gráficas de distribución, diagramas de dispersión, diagramas de cajas, gráficas de barra y análisis de correlaciones se realizaron con SPPS (Statistical Product and service Solutions) v14.0.

## 2.6. RESULTADOS OBTENIDOS

Todos los resultados relativos a los parámetros fisico-químicos y biomasa fitoplanctónica, a la composición y abundancia de invertebrados bentónicos y a la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton aparecen en los *Anexos 2.II*, *2.V* y *2.VI*, respectivamente.

### 2.6.1. Establecimiento de tipologías

#### 2.6.1.1. Tipos morfológicos

En un primer momento se estudió la posibilidad de establecer la tipología de los humedales en función de los tipos morfológicos definidos en el Decreto de Humedales de las Islas Baleares. Este decreto estableció una clasificación de los humedales de acuerdo a la clasificación Genérica Funcional de los Humedales y Lagos Españoles del Inventario de Humedales de la DGOH (1991). En Baleares se diferenciaron los siguientes tipos morfológicos: prado litoral, laguna litoral, albufera, gola, balsa interior, embalse y prado costero. La diferenciación entre tipos está basada en la morfología de la cubeta y los procesos morfogenéticos y morfodinámicos que la originan. Para comprobar la identidad biológica de estos tipos se realizaron dos ordenaciones multivariantes (MDS); uno con todas las muestras de la composición de la comunidad de invertebrados y otro con los datos de fitoplancton (Fig. 2.1). Como se observa en las ordenaciones obtenidas, no se obtiene una delimitación clara entre los distintos tipos. Sólo los embalses de Mortixt[2] se separan del resto de los tipos, lo cual se justifica de forma evidente debido a su peculiar morfología asociada a su artificialidad y ubicación en montaña, no comparable a ningún otro tipo morfológico natural costero. A la vista de estos resultados se descarta establecer una tipología biológica en función de la "*morfología*" de las zonas húmedas para la aplicación de la DMA.

[2] Los embalses no se han incluido en los análisis de los humedales por presentar unas comunidades biológicas no correspondientes a ningún tipo costero. Se suministran en este informe, en los anexos, datos sobre el análisis de la composición de sus aguas, y comunidades de invertebrados bentónicos y fitoplancton.

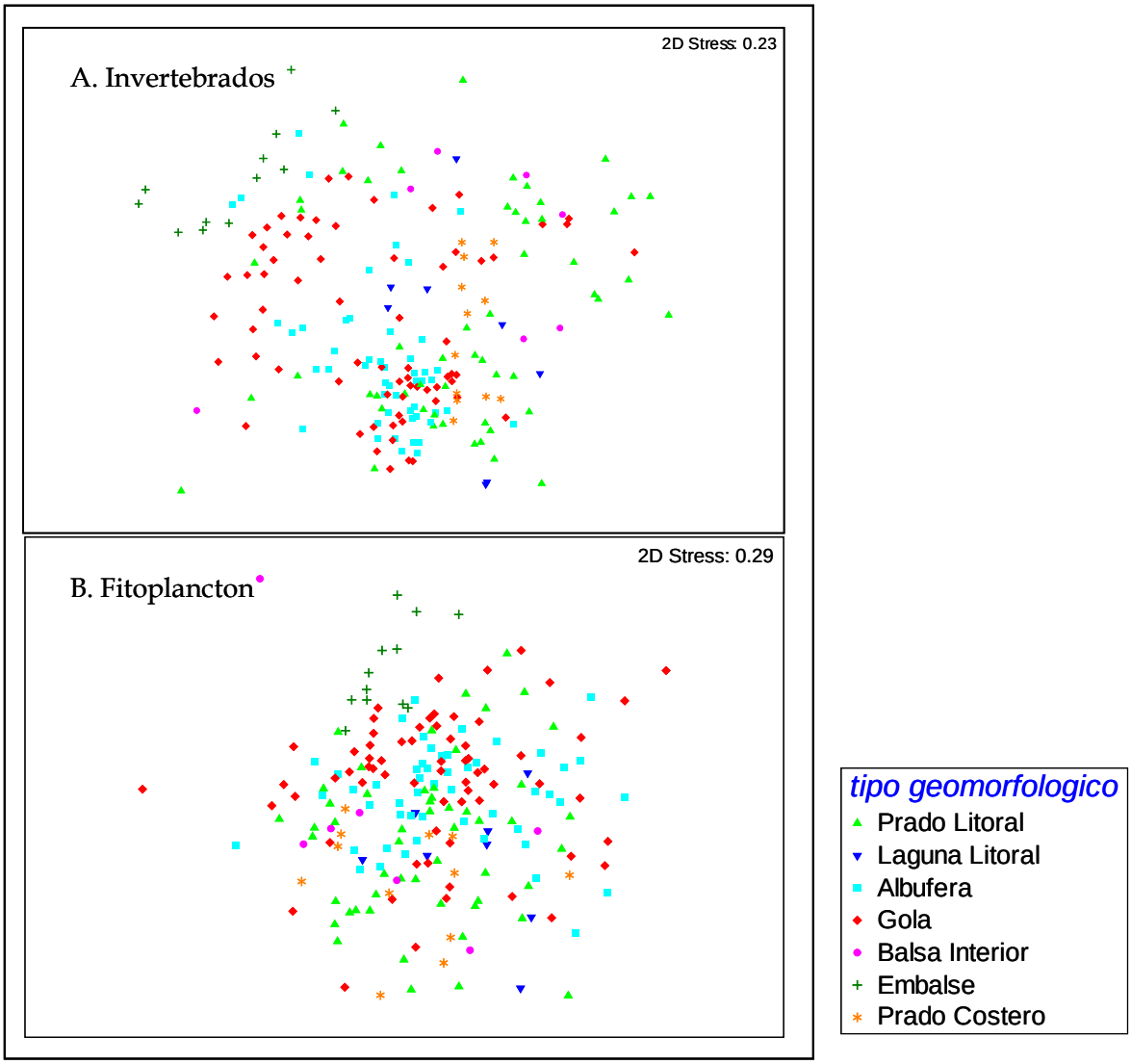



Figura 2.1. Ordenación bidimensional MDS basada en los datos de invertebrados (A) y fitoplancton (B) en función de los tipos morfológicos. Los datos representan las abundancias de cada taxon obtenidas para cada campaña y punto de muestreo, los cuales han sido previamente transformados en log (x+1).

### 2.6.1.2. Tipos según la salinidad media anual (DMA)

La Directiva Marco del Agua presenta dos posibilidades para desarrollar una tipología específica para las distintas masas de agua: sistema A y sistema B. La tipología adoptada en este trabajo está basado en el sistema B, cuyos descriptores son: el tamaño, las mareas, masas lénticas (lagunas) y gradiente de salinidad (0.5-70‰). Sin embargo todas las zonas húmedas estudiadas en el archipiélago son inferiores a 50 Ha, no están sometidas a mareas ya que en el Mediterráneo se dan micromareas y exceptuando ocasionalmente las Golas, todas se tratan

de masas lénticas. Por lo tanto, sólo la salinidad nos permitió discriminar tipologías bien diferenciadas. Dentro del Sistema B de clasificación. La DMA, propone hasta cinco tipos de salinidad, con sus correspondientes niveles de salinidad: agua dulce (0 - 0.5‰), oligohalina (0.5 – 5‰), mesohalino (5 - 18‰), polihalino (18 - 30‰) y euhalino (≥ 30‰).

En un principio se intentó aplicar estas clases de salinidad a las masas de agua de las Islas Baleares objeto de estudio, pero debido al amplio rango de salinidad de las zonas húmedas de las Islas Baleares (encontrándose valores de 1 a 103‰), se vio la necesidad de establecer nuevos cortes en base al valor medio anual (en el presente informe, la media anual se hizo con 3 datos estacionales de las 3 últimas campañas de muestreo (2005-06). Para ello, el gradiente de salinidad encontrado en las muestras de referencia se relacionó con la distribución de la comunidad de invertebrados bentónicos litorales. Esto permitió identificar aquellos taxa que se distribuía en un rango de salinidad más o menos estrecho, frente a otros cuya distribución se extendía a lo largo de un amplio rango de salinidad (Fig. 2.2), y así ajustar los rangos de salinidad de la tipología. Los resultados obtenidos con las gráficas de distribución se complementaron con un análisis de similitud (SIMPER) de la abundancia de los taxones respecto al factor salinidad establecido. Estos análisis permitieron definir comunidades tipo para las tres tipologías propuestas basadas en la comunidad de invertebrados, y a determinación de nuevos cortes de salinidad entre los tipos (Tablas 2.3. & 2.4). Estos nuevos cortes basados en la media anual se aplicaron a cada uno de los puntos estudiados con el fin de adjudicar cada humedal a un tipo (Tabla 2.4). Así, la tipología de las zonas húmedas consideradas en este estudio se ha definido en base a la comunidad de invertebrados. Esto es debido a que la composición de estos organismos, altamente sedentarios, es un reflejo integrador de condiciones pasadas y presentes en la composición de las aguas de los humedales.

Se eliminó la tipología *agua dulce*, propuesta por la DMA, el grupo *oligohalino* se mantuvo, denominándolo tipo bajo-oligohalino, los grupos *mesohalino* y *polihalino* se fusionaron en un único tipo, denominado medio-mesohalino y los grupos *euhalino* e *hipersalino*, se fusionaron en el tipo alto-euhalino. De modo que la nueva tipología y cortes de salinidad asociados propuesto para Baleares es: bajo-oligohalino (< 5 ‰), medio-mesohalino (5- 26‰) y alto-euhalino (≥ 26 ‰). Para simplificar, de aquí en adelante, se utilizará la terminología euhalino, mesohalino y oligohalino.

Para la comprobación de la identidad biológica de estos tipos de salinidad se realizaron ordenaciones MDS con las bases de datos de invertebrados y fitoplancton, separadamente.

(Fig. 2.3). La ordenación obtenida con los datos de invertebrados muestra una clara separación entre las masas de aguas en función de su salinidad, quedando perfectamente delimitados los 3 tipos, con una ligera zona de solapamiento que puede ser perfectamente asumida (Fig. 2.3A). Sin embargo, en la ordenación basada en los datos del fitoplancton no se observa una separación tan clara entre tipos (Fig. 2.3 B). A la vista de los resultados, y como se comprobará más adelante, parece que la composición de invertebrados pueda utilizarse de forma más coherente que la de fitoplancton, que resulta más variable.

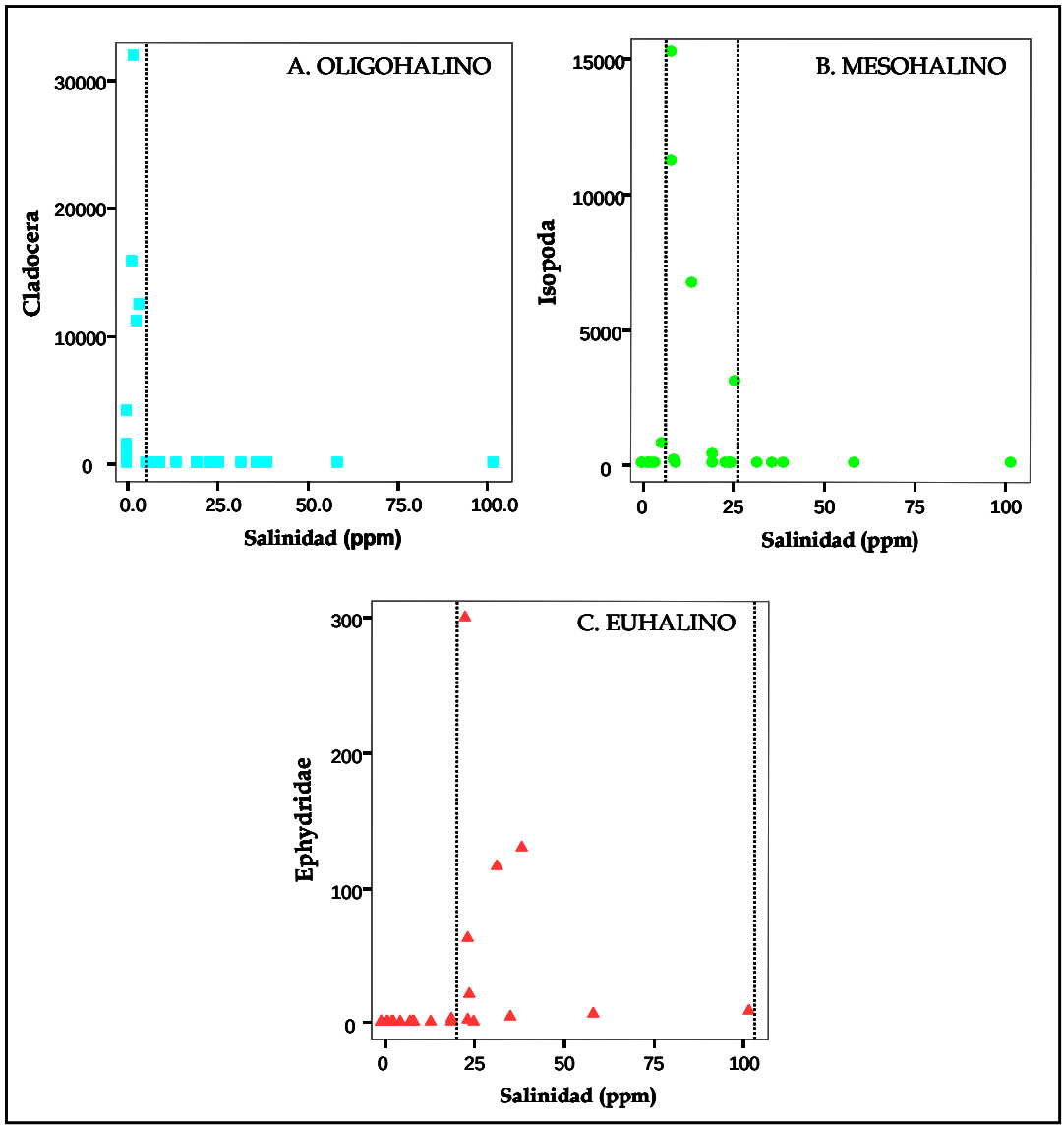



Figura 2.2 Distribución del distintos taxa en función del rango de salinidad. A) Distribución de la abundancia del orden Cladocera, como ejemplo del establecimiento de la comunidad del tipo oligohalino; B) Distribución de la abundancia del orden Isopoda, como ejemplo de la comunidad del tipo mesohalino; C) Distribución de la abundancia de la familia Ephydridae, como ejemplo de la comunidad del tipo euhalino.

Una vez establecida esta tipología, se trata el análisis de cada tipo de salinidad por separado. Así, el establecimiento de condiciones de referencia, análisis físico-químicos, análisis de comunidades biológicas y demás tratamientos, se realiza por tipo, incluida por ende, la evaluación final del estado ecológico.

| Tipo de salinidad | Taxa indicador seleccionado Orden (O) /Familia (F)/ Género(G) | Rango distribución |
|---|---|---|
| OLIGOHALINO | O. Cladocera | <4 ‰ |
| | O. Ephemeroptera | <3 ‰ |
| | O.Ostracoda: | |
| | G. Herpetocypris | <3 ‰ |
| | G. Sarscypridopsis sp. | <4 ‰ |
| | O.Gastropoda: F.Physidae | <3‰ |
| | O.Copepoda: F.Cyclopidae | <5‰ |
| | ***Rango de salinidad*** | **1-5 ‰** |
| MESOHALIN/ POLIHALINO | O.Ostracoda: F. Loxoconchidae | 6-26 ‰ |
| | O.Isopoda | 6-26 ‰ |
| | O. Amphipoda: G. Gammarus | 6-26 ‰ |
| | O.Polychaetae | 6-26 ‰ |
| | ***Rango de salinidad*** | **5-26 ‰** |
| **EUHALIN/ HIPERHALINO | O.Díptera: F. Ephydridae | >25‰ |
| | O.Copepoda: | >20‰ |
| | O.Diptera: G. Nemotelus | >20‰ |
| | ***Rango se salinidad*** | **> 26 ‰** |

Tabla 2.3. Tabla síntesis de los nuevos cortes de salinidad propuestos y la comunidad tipo asociada a cada uno de ellos a partir de los datos de las referencias (ver texto, apartado 2.7.3.2). **Euhalino: aunque algunos taxa se distribuyan a salinidades 20‰, la abundancia a estos valores es mínima, encontrándose su óptimo en valores de salinidades mayores.

| Tipo | Zona húmeda | Salinidad_‰ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Media | Mín. | Máx. |
| OLIGOHALINO (1-5‰) | FO01 | 3.7 | 2.7 | 4.9 |
| | MA01ZH02 | 6.6 | 3.1 | 8.6 |
| | MA01ZR03 | 2.0 | 1.8 | 2.1 |
| | MA01ZR11 | 4.5 | 3.0 | 5.5 |
| | MA01ZR13 | 2.5 | 1.8 | 3.9 |
| | MA04ZR02 | 3.9 | 1.9 | 7.5 |
| | MA06 | 4.5 | 1.4 | 6.2 |
| | MA09ZH01 | 1.0 | 0.4 | 1.9 |
| | MA21 | 4.2 | 3.0 | 5.5 |
| | MA33AZ01 I | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| | MA33AZ01 II | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| | MA33AZ02 I | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| | MA33AZ02 II | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| | ME04 | 0.5 | 0.4 | 0.6 |
| | ME05ZR05 | 0.8 | 0.4 | 1.5 |
| | ME06 | 2.5 | 1.0 | 4.2 |
| | ME09ZH01 | 0.6 | 0.5 | 0.7 |
| | ME10 | 1.3 | 1.1 | 1.6 |
| | ME11ZH06 | 1.3 | 0.9 | 2.0 |
| | ME11ZH07 | 4.9 | 2.5 | 9.5 |
| | ME13ZH02 | 1.2 | 0.9 | 1.8 |
| | ME13ZH03 | 0.9 | 0.9 | 1.0 |
| | ME17 | 1.0 | 0.8 | 1.1 |
| | ME20ZH02 | 3.2 | 2.2 | 4.0 |
| MESOHALINO( >5-26‰) | EI02 | 13.0 | 7.5 | 19.5 |
| | MA01Molini | 7.3 | 6.0 | 9.5 |
| | MA01ZR01 | 14.6 | 4.4 | 22.0 |
| | MA03Can | 7.5 | 2.5 | 15.6 |
| | MA03EsLlacs | 10.0 | 1.8 | 24.0 |
| | MA03Sabar | 4.7 | 4.4 | 5.0 |
| | MA04ZH01 | 10.5 | 5.9 | 14.1 |
| | MA04ZR07 | 14.8 | 9.6 | 24.3 |
| | MA07I | 18.8 | 2.4 | 30.9 |
| | MA07II | 19.4 | 2.0 | 31.2 |
| | MA08I | 8.3 | 2.1 | 17.6 |
| | MA08II | 8.5 | 1.5 | 18.9 |
| | MA13 | 19.2 | 9.1 | 30.2 |
| | MA14ZH01 | 15.7 | 7.7 | 21.7 |
| | MA19 | 10.2 | 6.9 | 11.9 |
| | MA23Salobrar | 24.2 | 13.9 | 40.0 |
| | ME01ZH02 | 9.8 | 3.0 | 19.3 |
| | ME01ZH03 | 8.1 | 6.0 | 9.6 |
| | ME01ZH04 | 17.5 | 6.0 | 26.5 |
| | ME19ZH02 | 21.9 | 7.6 | 46.0 |
| | ME19ZH03 | 14.9 | 7.5 | 28.6 |
| | ME19ZH04 | 24.6 | 13.2 | 37.5 |
| EUHALINO (>26‰) | EI011ZH01 | 32.7 | 25.9 | 42.6 |
| | EI01ZH02 | 79.0 | 42.6 | 140.0 |
| | FO02 | 33.9 | 19.3 | 60.9 |
| | FO03 | 84.1 | 54.8 | 126.2 |
| | FO04 | 50.6 | 24.7 | 102.3 |
| | MA18 | 47.8 | 14.9 | 99.4 |
| | MA20 | 34.6 | 20.3 | 59.6 |
| | MA22 | 31.5 | 25.2 | 36.7 |
| | MA23Estre | 46.3 | 36.2 | 52.7 |

Tabla 2.4. Tabla síntesis. Masas de aguas y nuevas clases de salinidad que le ha sido asignada.

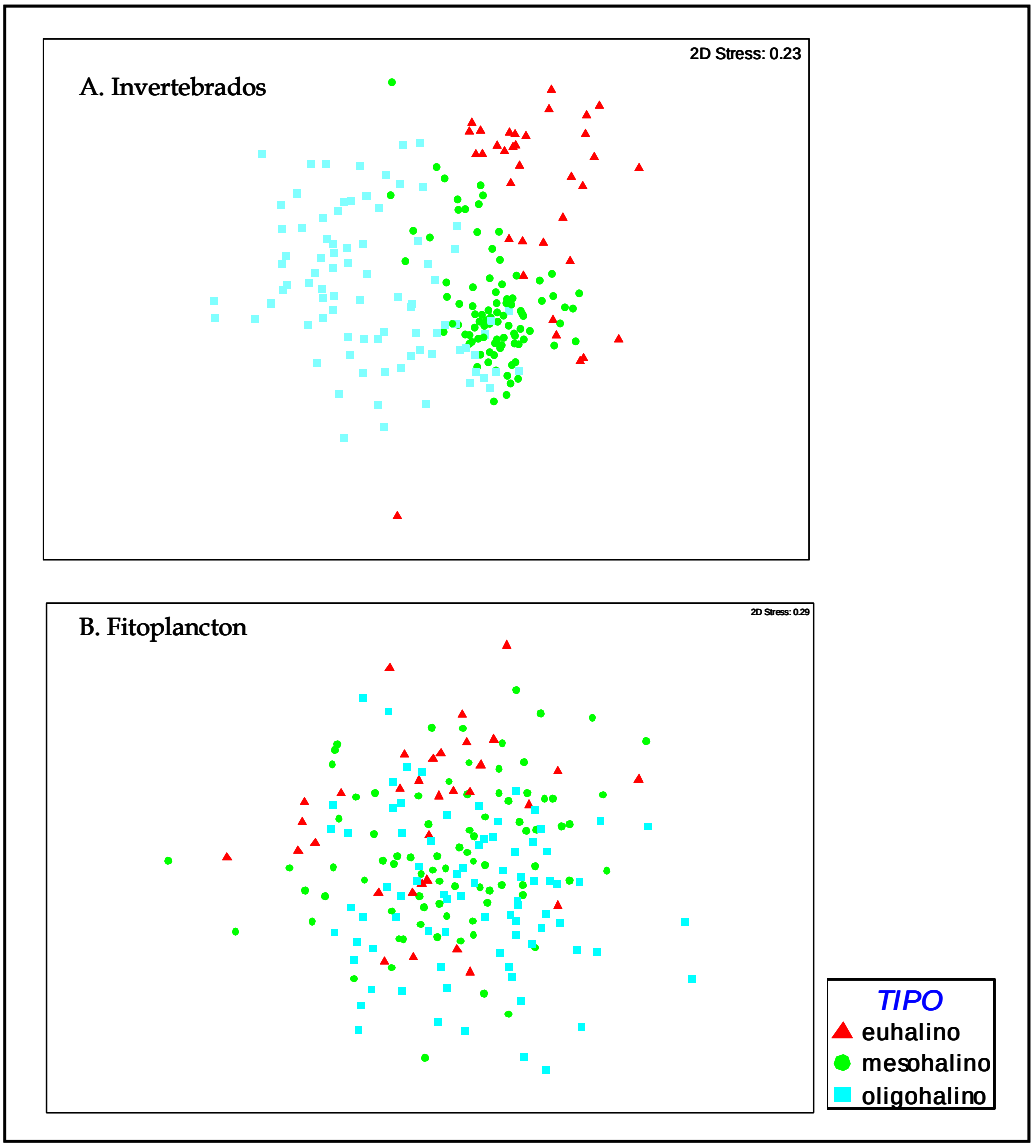



Figura 2.3. Ordenación bidimensional MDS basada en todas las muestras de invertebrados (A) y fitoplancton (B) en función de los tipos de salinidad establecidos. Los datos representan las abundancias de cada taxon obtenidas para cada campaña y punto de muestreo, los cuales han sido previamente transformados en log (x+1).

## 2.6.2. Condiciones de referencia: criterios de selección

Las condiciones biológicas de referencia son aquellas que presentan las masas de agua en ausencia de alteración debida a acciones antrópicas. Estas condiciones fueron determinadas *a priori* en función de ortofotos digitales a color y a escala e imágenes satélite, que permitieron identificar presiones localizadas y los usos de suelo adyacentes a las zonas húmedas objeto

de estudio. Una vez seleccionadas las zonas húmedas de referencia, por la ausencia de presiones relacionadas, se corroboró esta selección en el campo. Para ello se consideraron tanto las fuentes directas de presión que afecten a la morfología de las masas de agua como por ejemplo las actividades pesqueras, dragados, fuentes de contaminación puntual y difusa procedentes de la agricultura intensiva, vertidos urbanos e industriales que puedan afectar a la calidad ecológica y química de las aguas. Se seleccionaron *a priori* un total de 18 masas de agua (FO04, MA20, MA22, ME01ZH03, ME01ZH04, Ma08I, Ma08II, MA07I, MA07II, MA03EsLlacs, MA03Can, ME19ZH02, ME19ZH03, ME19ZH04, ME20ZH02, MA01ZR03, MA01ZR13, ME09ZH01).

### 2.6.3. Validación de estaciones de referencia

El total de las 18 masas de agua seleccionadas inicialmente se analizó y revisó con referencia a la composición físico-química de sus aguas y a la similitud de la composición biológica entre humedales del mismo tipo. El proceso de selección finalizó con un total de 7 puntos de referencia en distintas zonas húmedas de Mallorca, Menorca y Formentera, que cubren los tipos de salinidad propuestos Tabla 2.5.

| ID | Referencias |
|---|---|
| FO04 | euhalino |
| MA20 | euhalino |
| MA22 | euhalino |
| ME01ZH03 | mesohalino |
| ME01ZH04 | mesohalino |
| ME20ZH02 | oligohalino |
| ME09ZH01 | oligohlino |

Tabla 2.5. Resumen de las estaciones de referencia seleccionadas en función de la tipología.

Para validar los siete puntos de referencia finalmente seleccionados para cada tipo de salinidad, se realizaron ordenaciones MDS con la comunidad de invertebrados de todas las muestras, y se analizó la posición relativa de las muestras de puntos de "referencia" frente a las "no referencias". En estas ordenaciones se partió de la matriz de datos de invertebrados y fitoplancton obtenida para cada tipo. Además, se espera que la composición y abundancia de los elementos biológicos de las estaciones de referencia constituya la fauna característica para

este tipo. Para determinar las especies características del grupo de referencias se ha utilizado el análisis de porcentajes de similitud (SIMPER), el cual calcula la contribución de cada especie a la similitud dentro del grupo de referencias específico para cada tipo ("*comunidad tipo*").

#### 2.6.3.1. Validación de referencias: Tipo Oligohalino

***Invertebrados.-*** La ordenación de las muestras de referencia obtenidas para el tipo oligohalino, muestra la separación del núcleo de referencias en posición periférica a la nube de puntos, aunque con cierto solapamiento con la composición de otras muestras (Fig. 2.4). En este caso, como se puede ver en la figura 2.4 los puntos de referencia que se localizan más dispersos pertenecen a la misma zona húmeda, ME20ZH02, indicando la variación anual en la composición faunística en condiciones de referencia. Los dos puntos de referencia para el tipo oligohalino (ME09ZH01 y ME20ZH02) presentan una geomorfología y origen del agua distinta. Así, por ejemplo, mientras que ME20 se trata de una balsa de desembocadura cuya agua procede de origen hipogénico (freático), ME09 es un prado litoral y el agua es de origen epigénico (torrencial).

Aún así, se considera que ambos grupos de referencia se localizan en el interior de una misma elipse imaginaria, con una composición faunística muy similar, por lo que se valida la selección de referencias realizada *a priori* para este tipo (Fig. 2.4). La composición de la fauna de las referencias está formada por un grupo heterogéneo de taxa, pertenecientes a distintos órdenes, pero con géneros o familias representantes de aguas pocos salinas: Diptera, Copepoda, Ostracoda, Cladocera, Gastropoda, Ephemeroptera, Polychaetae, Coleoptera y Heteroptera (Tabla 2.6). Algo más del 50% de la abundancia media total de la comunidad característica está representada por los géneros *Chironomus* sp., *Megacyclops*, *Sarscypridopsis* sp., *Simocephalus* sp. y *Physella* sp.

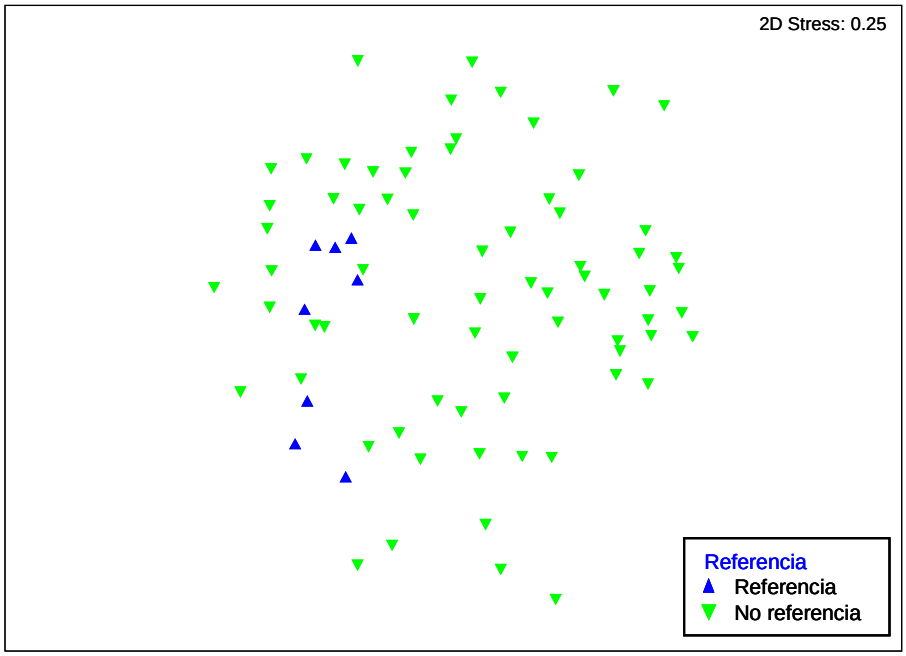



Figura 2.4. Ordenación bidimensional MDS para los puntos del tipo oligohalino basada en los datos de invertebrados. Se señala la agrupación de las referencias con el fin de facilitar su interpretación.

| Similitud media dentro del grupo: 32.31 | | | |
|---|---|---|---|
| **Taxa** | **Abundancia media** | **Porcentaje contribución** | **Porcentaje acumulado** |
| ***Chironomus* sp.** | 6.61 | 18.71 | 18.71 |
| ***Megacyclops* sp.** | 5.96 | 13.76 | 32.47 |
| ***Sarscypridopsis* sp.** | 5.51 | 8.13 | 40.6 |
| ***Simocephalus* sp.** | 4.48 | 6.94 | 47.54 |
| ***Physella* sp.** | 3.42 | 5.9 | 53.44 |
| ***Daphnia (Ctenodaphnia)* sp.** | 4.21 | 5.73 | 59.17 |
| ***Psectrocladius* sp.** | 3.77 | 5.49 | 64.66 |
| ***Cloeon* sp.** | 3.42 | 4.81 | 69.48 |
| ***Tubificidae* Gen. sp.** | 3.79 | 4.79 | 74.27 |
| ***Dasyhelea* sp.** | 2.49 | 3.77 | 78.04 |
| ***Laccophilus* sp.** | 2.53 | 3.46 | 81.5 |
| ***Herpetocypris* sp.** | 2.35 | 2.23 | 83.73 |
| ***Paratanytarsus* sp** | 2.18 | 2.18 | 85.9 |
| ***Corixidae* Gen. sp.** | 2.03 | 1.97 | 87.88 |
| ***Corynoneura* sp.** | 1.8 | 1.47 | 89.34 |
| ***Procladius(Holotanypus)*sp.** | 1.33 | 0.94 | 90.29 |

Tabla 2.6. Composición de la comunidad referencia de invertebrados del tipo oligohalino obtenida mediante un análisis SIMPER.

***Fitoplancton.-*** La ordenación de los puntos estudiados del tipo oligohalino en base a la comunidad fitoplanctónica, presenta una diferenciación de las estaciones de referencia menos discreta y más centralizada que en el caso de invertebrados (Fig. 2.5), indicando una mayor variación anual en la composición del fitoplancton para los puntos estudiados.

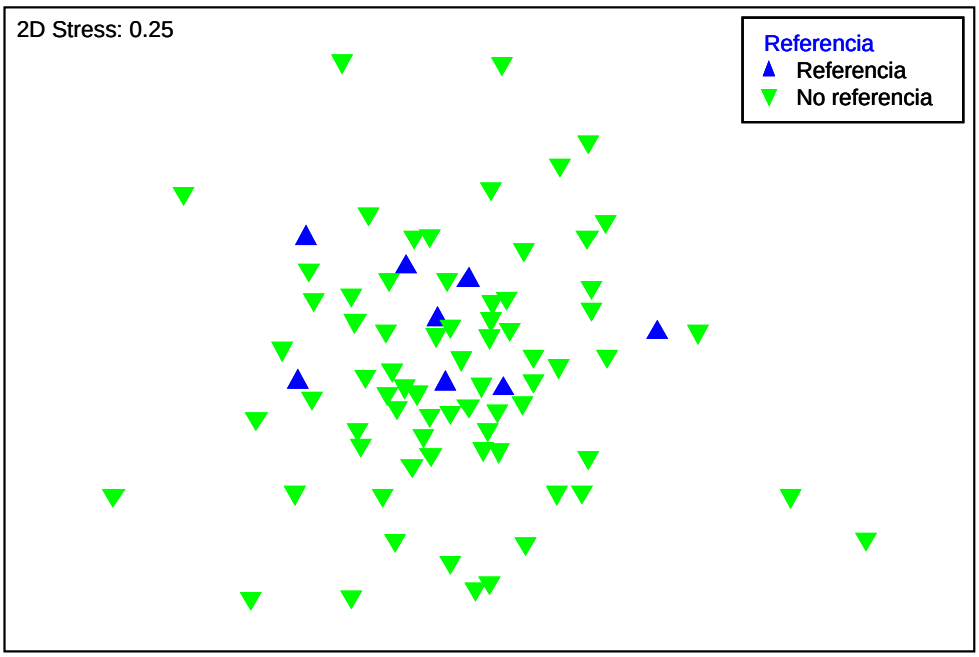



Figura 2.5. Ordenación bidimensional MDS para los puntos del tipo Oligohalino basada en la composición de fitoplancton.

### 2.6.3.2. Validación de referencias: Tipo Mesohalino

***Invertebrados.-*** La ordenación de los puntos del tipo Mesohalino obtenida, muestra la separación discreta y periférica de un núcleo diferenciado de las referencias (Fig. 2.6). Al tratarse de puntos de referencia, la composición de la fauna de dichos puntos, constituye la fauna característica para este tipo (Tabla 2.7). La composición de la fauna de las referencias está formada por un grupo de taxones típicos de aguas salobres pertenecientes a los órdenes Gastropoda, Ostracoda, Isopoda, Amphipoda, Diptera, Polychaeta y Bivalvia (Tabla 2.7.). De hecho, más del 50% de la abundancia total promedio de invertebrados está representado por los géneros *Hydrobia* sp., *Cyprideis* sp., *Lekasphaera* sp. y *Gammarus* sp.

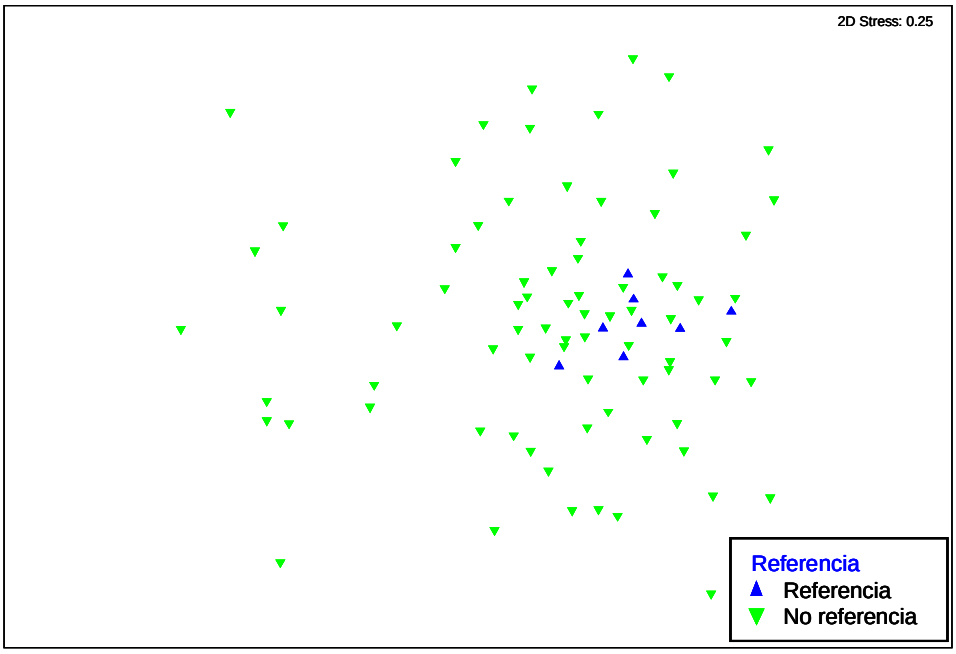



Figura 2.6. Ordenación bidimensional MDS para los puntos del tipo mesohalino basada en la composición de invertebrados. Se señala la agrupación de las referencias con el fin de facilitar su interpretación.

| Similitud media del grupo: 58.81 | | | |
|---|---|---|---|
| **Taxa** | **Abundancia media** | **Porcentaje contribución** | **Porcentaje acumulado** |
| ***Hydrobia* sp.** | 9.69 | 18.83 | 18.83 |
| ***Cyprideis* sp.** | 7.62 | 13.25 | 32.08 |
| ***Lekanesphaera* sp.** | 7.43 | 13.02 | 45.1 |
| ***Gammarus* sp.** | 7.42 | 12.68 | 57.78 |
| ***Loxoconcha* sp.** | 7.73 | 11.15 | 68.93 |
| ***Halocladius* sp.** | 6.61 | 9.96 | 78.89 |
| ***Chironomus* sp.** | 5.9 | 9.01 | 87.9 |
| ***Nereis* sp.** | 2.86 | 1.91 | 89.81 |
| ***Cerastoderma* sp.** | 2.68 | 1.89 | 91.7 |

Tabla 2.7. Composición de la comunidad referencia de invertebrados del tipo mesohalino obtenida mediante un análisis SIMPER.

***Fitoplancton***.- La ordenación de los puntos estudiados en función de la comunidad fitoplanctónica, presenta una diferenciación de las estaciones de referencia menos marcada que en el caso de invertebrados, apuntando a una mayor variación anual en la composición de muestras de un mismo punto (Fig. 2.7).

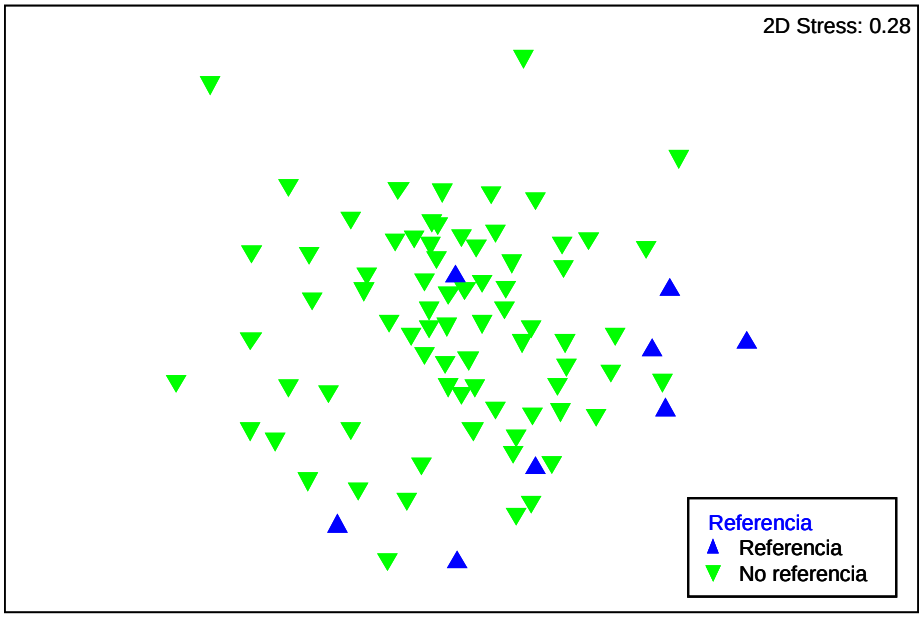



Figura 2.7 Ordenación bidimensional MDS para los puntos del tipo Mesohalino basada en la composición del fitoplancton.

### 2.6.3.3. Validación de referencias: Tipo Euhalino

***Invertebrados.-*** La ordenación de las muestras del tipo Euhalino de la comunidad de invertebrados muestra la separación de un núcleo diferenciado de las muestras de referencia (Fig. 2.8). Este hecho, confirma la pre-selección realizada, pudiéndose deducir el estado de los otros puntos en función de la distancia que los separan de las referencias. Al tratarse de puntos de referencia, se espera que la composición de la fauna de invertebrados de dichos puntos constituya la fauna característica del tipo (Tabla 2.8). En general, la composición está dominada por taxones de dípteros y coleópteros. De hecho, el 50% de la abundancia total promedio de invertebrados está representado por los géneros *Nebrioporus* sp. *Dasyhelea* sp. *Ephydra* sp. El cuarto género más abundante es el copépodo Harpacticoida *Cletocamptus* sp.

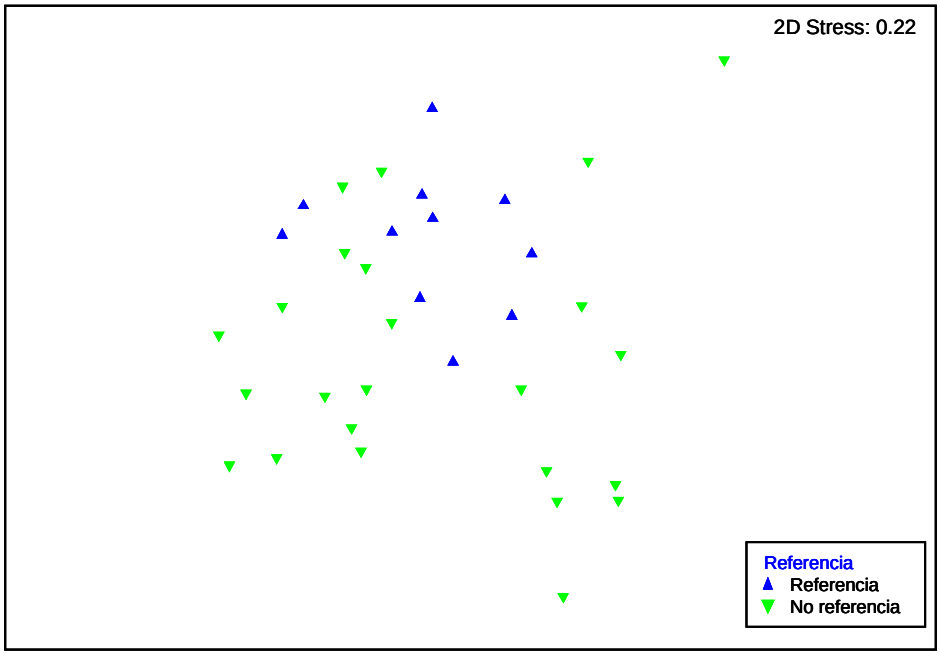



Figura 2.8. Ordenación bidimensional MDS para los puntos del tipo Euhalino basada en los datos de invertebrados. Se señala la agrupación de las referencias con el fin de facilitar su interpretación.

| Similutud media del grupo: 29.02 | | | |
|---|---|---|---|
| **Taxa** | **Abundancia media** | **Porcentaje contribución** | **Porcenteje acumulado** |
| ***Cletocamptus* sp.** | 5.22 | 19.78 | 19.78 |
| ***Nebrioporus* sp.** | 3.01 | 11.16 | 30.94 |
| ***Dasyhelea* sp.** | 4.08 | 10.89 | 41.83 |
| ***Ephydra* sp.** | 2.62 | 10.81 | 52.64 |
| ***Berosus sp.*** | 2.11 | 7.11 | 59.76 |
| ***Ochthebius* sp.** | 2.45 | 5.3 | 65.06 |
| ***Nemotelus* sp.** | 2.13 | 5.17 | 70.23 |
| ***Sigara* sp.** | 1.65 | 4.59 | 74.82 |
| ***Halocladius* sp.** | 2.44 | 4.38 | 79.2 |
| ***Enochrus* sp.** | 1.5 | 3.7 | 82.9 |
| ***Dolichopodidae* Ge.sp** | 1.31 | 2.51 | 85.41 |
| ***Paracymus* sp.** | 1.47 | 2.49 | 87.9 |
| ***Chironomus* sp.** | 1.61 | 2.23 | 90.13 |

Tabla 2.8. Composición de la comunidad referencia de invertebrados característica del tipo Euhalino obtenida mediante la rutina SIMPER (ver texto).

***Fitoplancton.-*** La ordenación de los puntos estudiados en función de la comunidad fitoplanctónica, presenta una diferenciación de las estaciones de referencia menos marcada que en el caso de invertebrados (Fig. 2.9). Este hecho impide realizar una caracterización de la composición del fitoplancton característico del tipo, ya que esta se realiza en función de la disimilitud entre los puntos de referencia y el resto de los puntos.

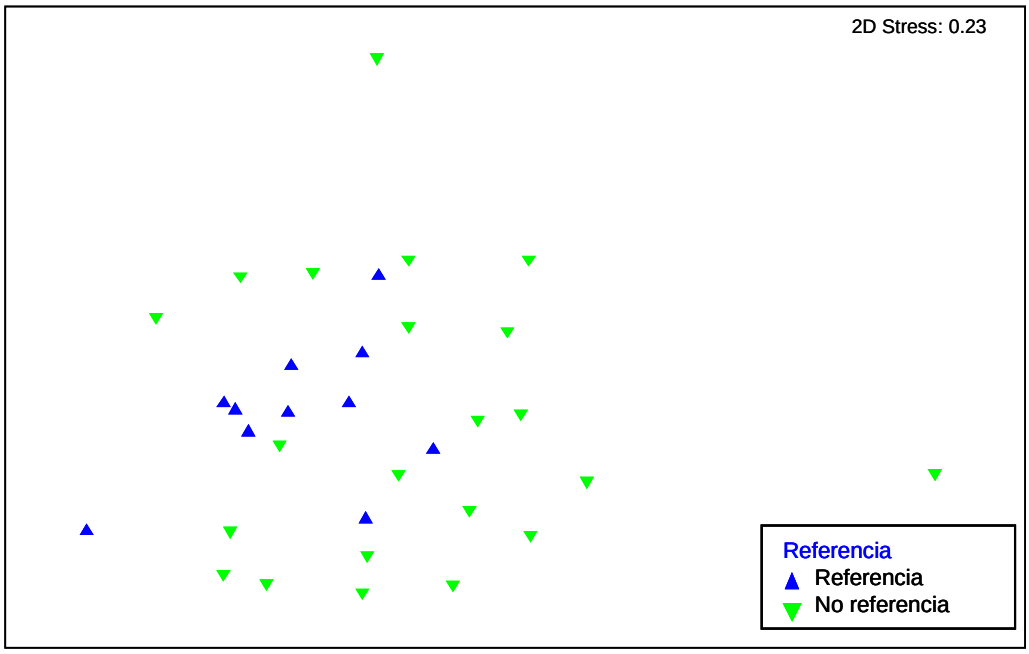



Figura 2.9. Ordenación bidimensional MDS para los puntos del tipo Euhalino basada en los datos de fitoplancton.

## 2.6.4. Identificación de gradientes de presión

La interpretación de los datos referentes a la calidad de agua se llevó a cabo mediante dos interpretaciones distintas. Por un lado, con el fin de extraer los gradientes de presión subyacentes en cada tipo se han hecho dos series de ordenaciones multivariantes PCAs utilizando las variables de la composición físico-química del agua, al ser susceptibles de ver alterados sus valores bajo presiones orgánicas/nutrientes (análisis incluidos a acontinuación). Por otro lado, la interpretación de datos de calidad de agua más conservativos (tales como la abundancia relativa de cationes y aniones) se realizó utilizando técnicas de interpretación simultánea de varios parámetros utilizando como herramientas los diagramas de Piper y Stiff (incluidos en el *Anexo 2.IX*).

Los PCAs realizados para extraer los gradientes de presión subyacentes en cada tipo se ejecutaron en base a dos series de datos: a) datos de caracterización general (composición físico-química y biomasa fitoplanctónica) (Gradiente General), y b) datos de composición de nutrientes (Gradiente Trófico). A su vez, estas ordenaciones se han hecho utilizando dos bases de datos diferentes: a) los datos de composición físico-química obtenidos en cada una de las 4 campañas por separado, y b) datos medios de las campañas de un mismo año hidrológico (otoño, primavera y verano del 2006), para minimizar las variaciones temporales). Para la selección de variables se ha seguido el criterio explicado en el apartado 2.5, aunque algunas variables muy correlacionadas con la salinidad, como los elementos alcalinos, alcalino-térreos, sulfatos y cloruros, se dejaron en el análisis, ya que podrían explicar la dinámica de los datos físico-químicos seleccionados y las posibles diferencias en el origen de las zonas húmedas estudiadas (p.e., terrestre *vs.* marino).

#### 2.6.4.1. Gradientes de Presión dominantes

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA), con la matriz del total de puntos de muestreo (55) y de sus valores medios (media anual de 3 campañas del año hidrológico 2005-2006) en 10 variables de la composición del agua (Alcalinidad, Carbonatos, $PO_4^{=}$, $NO_2^{-}$, $NH_4^{+}$, DIN (nitrógeno inorgánico disuelto = $N\text{-}NO_2^{-}$ + $N\text{-}NO_3^{-}$ + $N\text{-}NH_4^{+}$), $DIN/PO_4^{=}$, $SIO_2$, Fe, Temperatura, Oxígeno, pH, Salinidad, Cl-*a* y AFDM habiéndose eliminado aquellas variables con alta correlación ($r > 0.8$) (Tabla 2.9, Figs. 2.10 y 2.11). Los 3 primeros ejes generados explicaron el 55.3%, de la varianza total explicada, el primer eje explica el 29.2%, el segundo el 15.2% y el tercero el 10.9%.

El primer eje se relaciona negativamente con la salinidad enfrentada a la alcalinidad y a las formas solubles de nutrientes (DIN, fosfatos y sílice) (Tabla 2.9, Fig. 2.10), representando un gradiente de salinización y trófico, en el cual las mayores concentraciones de nutrientes se corresponden con las aguas menos saladas. Así, en la figura 2.10 se observa la secuencia de muestras según el tipo de salinidad, desde la derecha a la izquierda se disponen los tipos Oligohalino, Mesohalino y Euhalino. El segundo eje relaciona positivamente a la *Cl-a*, con las formas de nitrógeno indicando un claro gradiente trófico marcado por el aumento de la *Cl-a* (Tabla 2.9, Figs. 2.10 y 2.11). Así, como se ve en la Fig. 2.11, la disposición de las muestras de referencia se sitúan en la parte inferior del eje. El tercer eje se relacionó negativamente con el contenido de $NH_4$ y la relación $DIN/PO_4$, en oposición al pH y la *Cl-a*, determinado por la limitación de la relación $DIN/PO_4$ sobre la biomasa de productores primarios.

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | 0.381 | -0.05 | 0.052 |
| Carbonatos_CO3meqL | -0.201 | 0.262 | 0.22 |
| PO4µmoles | 0.292 | 0.139 | 0.265 |
| NO2_µmoles | 0.314 | 0.326 | 0.005 |
| NH4_µmoles | 0.049 | 0.408 | -0.344 |
| DIN_µmoles | 0.342 | 0.302 | -0.077 |
| DIN/PO4 | -0.03 | 0.159 | -0.567 |
| SIO2_mgL | 0.348 | 0.133 | 0.172 |
| Fe_mgL | -0.074 | -0.014 | 0.239 |
| Temp_ºC | -0.19 | 0.417 | -0.213 |
| Oxig_porc | -0.241 | 0.22 | 0.158 |
| pH | -0.319 | 0.046 | 0.31 |
| Salinidad_‰ | -0.363 | 0.239 | -0.071 |
| Cla_µg/L | 0.107 | 0.414 | 0.373 |
| AFDMgL | -0.212 | 0.223 | 0.191 |

Tabla 2.9. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para todas las muestras de las zonas húmedas.

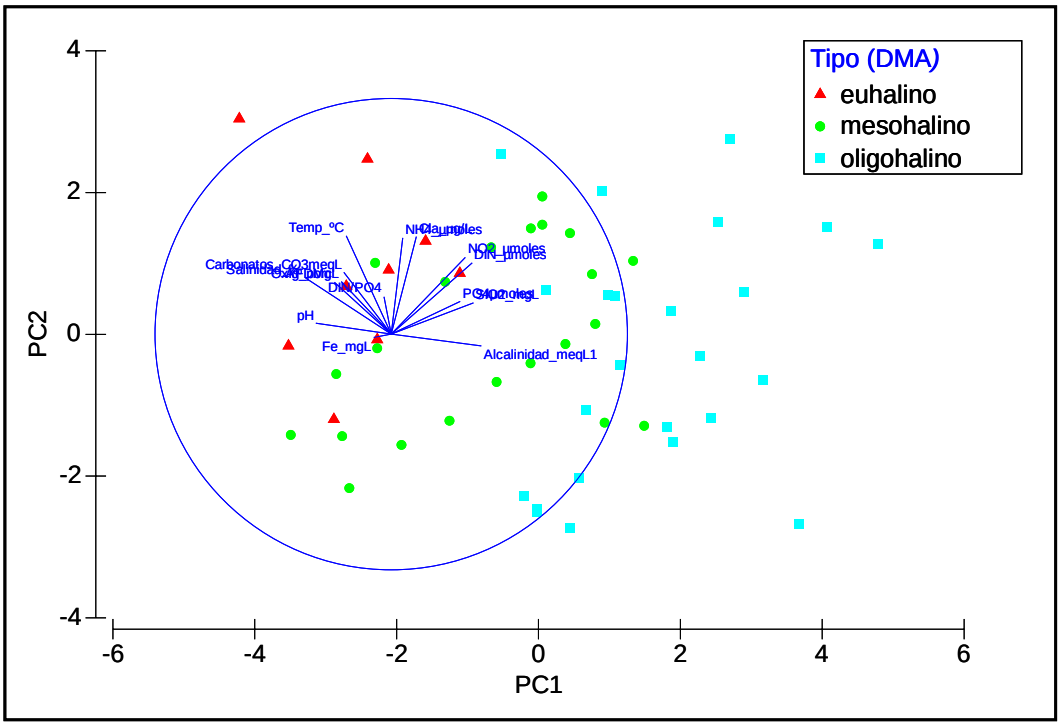



Figura 2.10. Ordenación bidimensional PCA de todas las muestras de las zonas húmedas en función de su tipología. El análisis se realizó con los datos medios de las variables hidroquímicas y de biomasa fitoplanctónica.

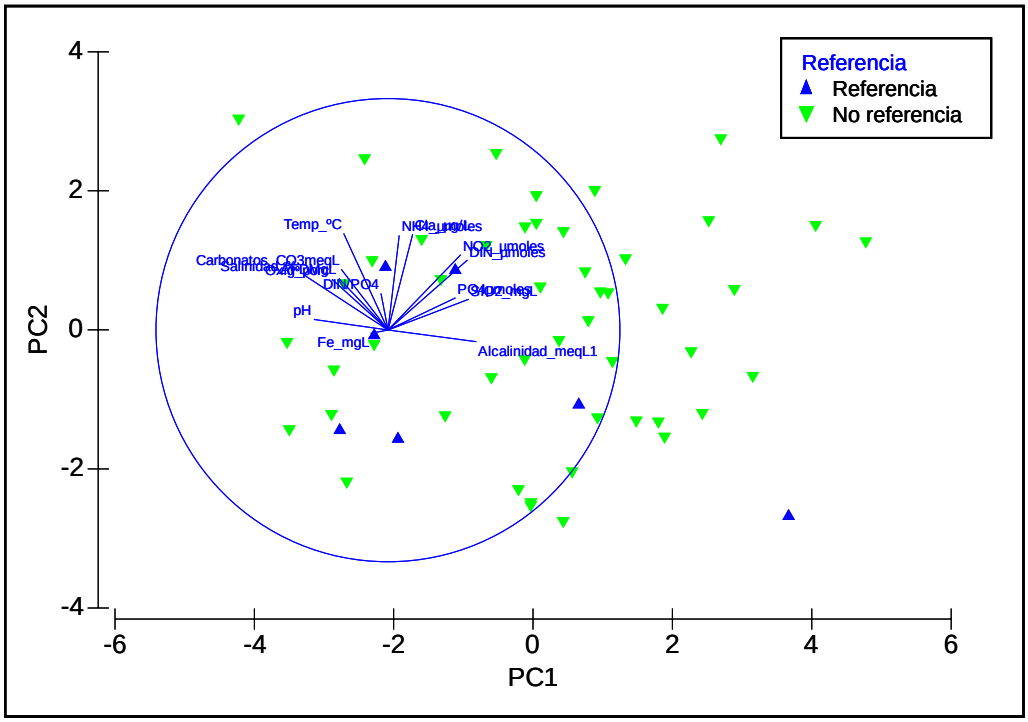



Figura 2.11. Ordenación bidimensional PCA de todas las muestras de las zonas húmedas en función de su condición de referencia (i.e., referencia vs. no referencia). El análisis se realizó con los datos medios de las variables hidroquímicas y de biomasa fitoplanctónica.

En la tabla 2.10 se suministran los valores medios y el error estándar de las variables físico-químicas por tipo de salinidad, según sean referencias o no. Destacar que el tipo Euhalino incluye como referencia a s'Espalmador, un humedal de referencia localizado en un islote cerca de Formentera. Esta laguna representa un caso único en las Islas Baleares, por su situación aislada, que por otro lado garantiza su condición de referencia, pero sus niveles de clorofila *a*, así como los contenidos en nutrientes son de los más altos encontrados para el tipo Euhalino, aunque se trata de una situación natural probablemente ocasionada por el aporte de heces por los pájaros, o arrastre de nutrientes del suelo por el agua marina durante temporales. Como se explicará más adelante, este humedal no va a ser incluido en el desarrollo del sistema de clasificación en base al fitoplancton, como referencia del tipo euhalino, por ser un sistema singular. Sin embargo su comunidad de invertebrados es similar a otros humedales de referencia del tipo, y por ello se considera apropiado incluirlo en el desarrollo de los sistemas de clasificación en base a los invertebrados.

| Variables | | euhalino | | mesohalino | | oligohalino | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | no Referencia | Referencia | no Referencia | Referencia | no Referencia | Referencia |
| **mediaAlcalinidad_meqL1** | Media | 3.261 | 2.982 | 4.106 | 3.150 | 6.596 | 5.333 |
| | EE | 0.160 | 0.104 | 0.136 | 0.107 | 0.216 | 0.151 |
| **mediaCarbonatos_CO3meqL** | Media | 0.500 | 0.348 | 0.182 | 0.417 | 0.179 | 0.000 |
| | EE | 0.062 | 0.090 | 0.024 | 0.157 | 0.028 | 0.000 |
| **mediaPO4µmoles** | Media | 0.757 | 1.280 | 1.382 | 0.844 | 4.106 | 1.130 |
| | EE | 0.176 | 0.242 | 0.100 | 0.059 | 0.562 | 0.003 |
| **mediaNO2_µmoles** | Media | 0.307 | 0.435 | 0.675 | 0.109 | 1.471 | 0.714 |
| | EE | 0.022 | 0.043 | 0.061 | 0.000 | 0.162 | 0.073 |
| **mediaNH4_µmoles** | Media | 11.247 | 2.981 | 4.685 | 0.907 | 5.409 | 4.398 |
| | EE | 3.327 | 0.287 | 0.805 | 0.238 | 0.730 | 1.249 |
| **mediaDIN_µmoles** | Media | 13.391 | 6.028 | 50.245 | 1.032 | 143.632 | 20.604 |
| | EE | 3.168 | 0.417 | 7.132 | 0.238 | 17.442 | 3.094 |
| **mediaDIN/PO4** | Media | 831.924 | 526.210 | 1566.945 | 73.176 | 374.376 | 429.468 |
| | EE | 189.119 | 28.500 | 462.659 | 27.220 | 100.677 | 146.439 |
| **mediaSIO2_mgL** | Media | 0.687 | 2.153 | 2.137 | 0.872 | 5.115 | 2.963 |
| | EE | 0.091 | 0.537 | 0.248 | 0.071 | 0.302 | 0.780 |
| **mediaFe_mgL** | Media | 0.223 | 0.227 | 0.213 | 0.205 | 0.212 | 0.212 |
| | EE | 0.004 | 0.014 | 0.006 | 0.001 | 0.001 | 0.004 |
| **mediaTemp_ºC** | Media | 19.367 | 17.200 | 17.665 | 16.158 | 16.934 | 14.375 |
| | EE | 0.376 | 0.315 | 0.260 | 0.142 | 0.332 | 0.387 |
| **mediaOxig_porc** | Media | 94.133 | 74.700 | 89.094 | 90.125 | 77.390 | 47.533 |
| | EE | 3.133 | 3.590 | 1.812 | 0.828 | 2.213 | 8.832 |
| **mediaSalinidad_‰** | Media | 53.967 | 37.818 | 13.996 | 12.793 | 2.591 | 1.900 |
| | EE | 4.248 | 2.505 | 0.644 | 1.792 | 0.209 | 0.498 |
| **mediaCla_µg/L** | Media | 5.774 | 8.539 | 7.171 | 2.265 | 8.243 | 2.749 |
| | EE | 1.327 | 1.437 | 0.719 | 0.195 | 0.716 | 0.245 |
| **mediaAFDMgL** | Media | 0.073 | 0.036 | 0.011 | 0.004 | 0.009 | 0.003 |
| | EE | 0.014 | 0.006 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |

Tabla 2.10 Valores medios y error estándar (EE) de las concentraciones de los distintas variables medioambientales determinadas en este estudio en función del tipo y de la condición (referencia no referencia) de cada punto de zona húmeda estudiado.

En la figura 2.12 se representa la distribución de diversas variables de la composición de agua de los humedales, por tipo y según se trate de puntos de referencias *v.s.* las no referencias.

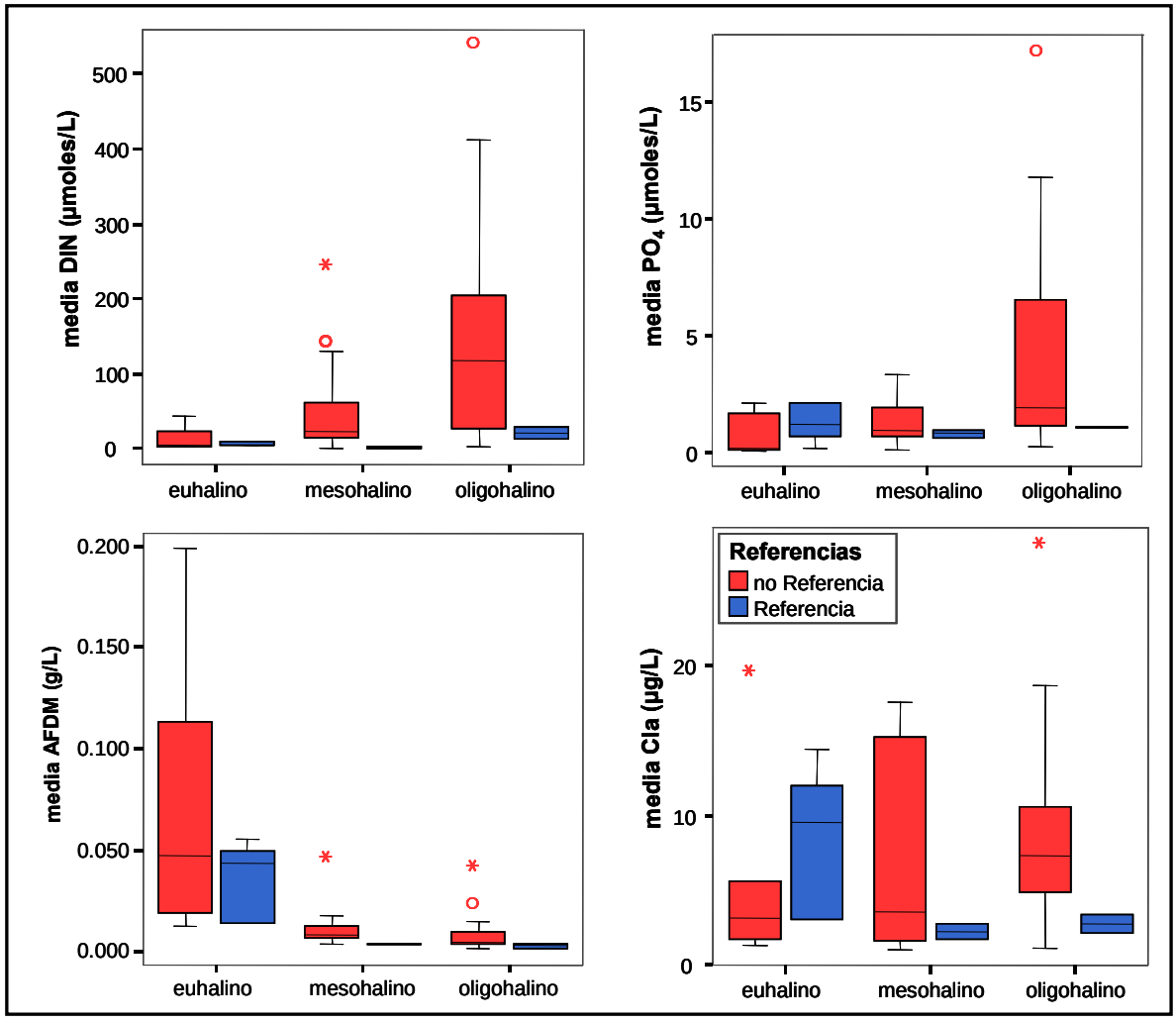



Figura 2.12 Diagramas de cajas con la representación de diversas variables medioambientales por tipo de zona húmeda y en función de su condición: referencia (azul), no referencia (rojo).

### 2.6.4.2. Gradientes de presión por tipo: Oligohalino

#### *2.6.4.2.1. Gradiente de presión general: tipo Oligohalino*

***Resultados por campañas.-*** Se ha realizado un PCA con la matriz reducida de variables medioambientales: Alcalinidad, Carbonatos, $PO_4$, $NO^-_2$, $NH_4$, DIN (nitrógeno inorgánico disuelto = $N\text{-}NO^-_2$ + $N\text{-}NO^-_3$ + $N\text{-}NH_4$), $DIN/PO_4$, $SIO_2$, $SO_4$, Fe, Ca, K, Oxígeno, pH, Salinidad, clorofila *a* y AFDM (Tabla 2.11, Fig. 2.13). Algunas variables han sido eliminadas debido a su alta correlación ($r > 0.80$). Los 3 primeros ejes generados explicaron el 43.4% de la varianza total explicada, el primer eje explica el 19.2%, el segundo el 14% y el tercero el 10.2%.

El primer eje debe interpretarse como un gradiente de eutrofización-salinización, aumentando la concentración de sales y $SO_4$ de las muestras a medida que disminuye el contenido de formas inorgánicas nitrogenadas (DIN y $NO^{-}_{2)}$ (Tabla 2.11, Fig. 2.13). Indicando un mayor contenido en nutrientes en los humedales menos salados, tendencia ya indicada en el PCA general de tipos previo. El segundo eje se correlacionó negativamente con las formas inorgánicas nitrogenadas ($NO^{-}_{2,}$ $NH_{4,}$ DIN), la relación DIN/PO4), y el ión potasio y positivamente con las formas fosfatadas ($PO_{4,}$) indicando un gradiente de alternancia anual de formas solubles en el tiempo, aumentos de nitrógeno en otoño-invierno por aportes y dominancia del fosfato en los veranos (Tabla 2.11). El tercer eje, se correlacionó negativamente, con los nutrientes ($PO_4$, $NO^{-}_2$ y $NH_4$, $SIO_2$) y Cl-*a* y AFDM indicando un gradiente trófico (Tabla 2.11).

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | 0,017 | 0,207 | -0,105 |
| Carbonatos_CO3meqL | 0,019 | -0,105 | -0,168 |
| PO4µmoles | -0,12 | 0,261 | -0,459 |
| NO2_µmoles | -0,351 | -0,254 | -0,324 |
| NH4_µmoles | -0,077 | -0,371 | -0,218 |
| DIN_µmoles | -0,365 | -0,332 | -0,17 |
| DIN/PO4 | -0,231 | -0,446 | 0,211 |
| SIO2_mgL | 0,015 | -0,104 | -0,443 |
| SO4_mgL | 0,324 | -0,271 | 0,154 |
| Fe_mgL | -0,215 | -0,204 | 0,186 |
| Ca_mgL | 0,269 | -0,189 | -0,165 |
| K_mgL | 0,296 | -0,359 | -0,06 |
| Oxig_porc | 0,052 | 0,035 | 0,134 |
| pH | 0,184 | -0,06 | 0,104 |
| Salinidad_‰ | 0,445 | -0,261 | -0,011 |
| Cla_µg/L | 0,264 | 0,051 | -0,403 |
| AFDMgL | 0,232 | 0,008 | -0,218 |

Tabla 2.11. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las réplicas de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Oligohalino.

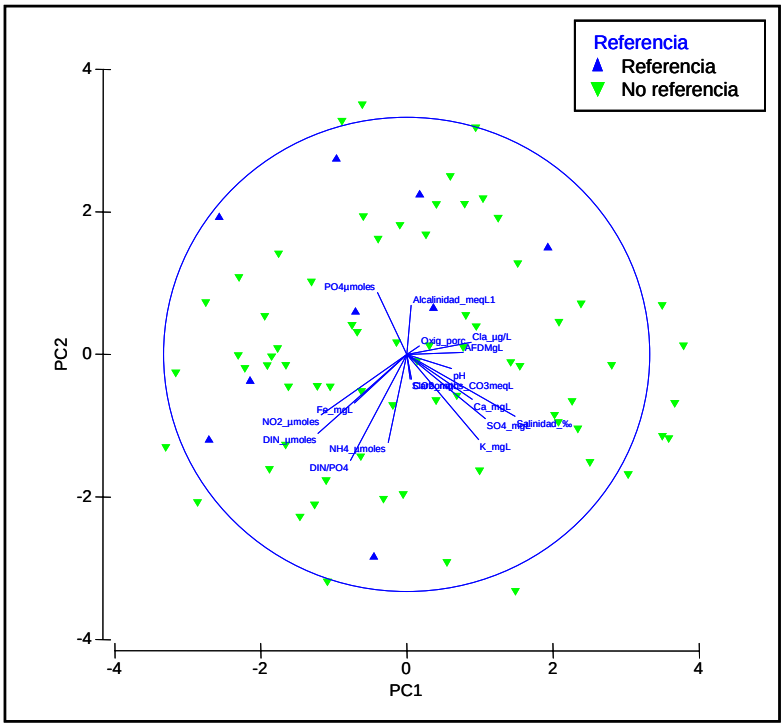



Figura 2.13. Ordenación bidimensional PCA para las muestras pertenecientes al tipo Oligohalino basada en la matriz reducida de datos hidroquímicos y biomasa fitoplanctónica.

***Resultados por medias.-*** Se ha realizado un PCA con la matriz reducida de variables medioambientales: Alcalinidad, Carbonatos, $PO_4$, $NO^-_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, Ca, oxígeno, pH, salinidad, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.12, Fig. 2.14). Algunas variables han sido eliminadas debido a su alta correlación ($r > 0.80$). Los 3 primeros ejes generados por el análisis explicaron el 51.8% de la varianza total. El primero explicaba un 21.2% y el segundo el 17.5%.

El primer eje relaciona positivamente a la Cl-*a* con el contenido de sílice y hierro y con una relación baja de DIN/PO4 (Tabla 2.12, Fig. 2.14). Este eje separa claramente los puntos de referencia, que se sitúan a la izquierda del mismo (Fig. 2.14). El segundo eje refleja un gradiente trófico, estando relacionado de manera positiva con todos los nutrientes ($PO_4$, $NO^-_2$, $NH_4$, DIN) (Tabla 2.12, Fig. 2.14).

| Variable | PC1 | PC2 |
|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | -0,261 | -0,132 |
| Carbonatos_CO3meqL | 0,35 | -0,045 |
| PO4µmoles | 0,146 | 0,386 |
| NO2_µmoles | -0,118 | 0,552 |
| NH4_µmoles | 0,196 | 0,278 |
| DIN_µmoles | -0,196 | 0,488 |
| DIN/PO4 | -0,256 | 0,002 |
| SIO2_mgL | 0,259 | 0,062 |
| Fe_mgL | 0,279 | -0,133 |
| Ca_mgL | -0,172 | 0,278 |
| Oxig_porc | 0,255 | 0,016 |
| pH | 0,296 | -0,085 |
| Salinidad_‰ | 0,221 | -0,09 |
| Cla_µg/L | 0,456 | 0,193 |
| AFDMgL | 0,22 | 0,244 |

Tabla 2.12. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de los valores de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Oligohalino.

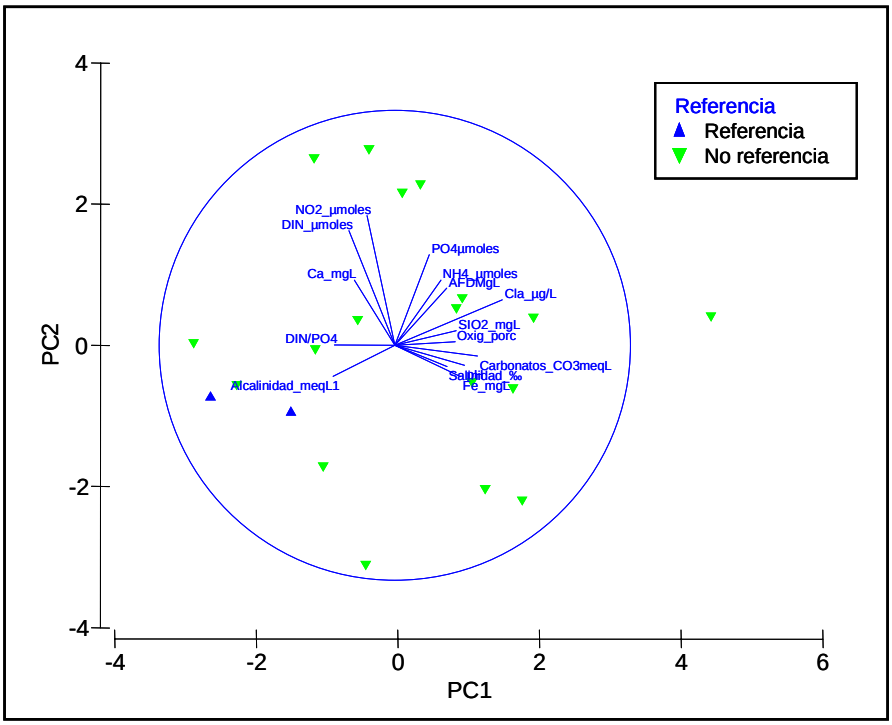



Figura 2.14. Ordenación bidimensional PCA para las zonas húmedas del tipo Oligohalino basada en la matriz reducida de medias de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica.

### 2.6.4.2.2. *Gradiente de presión trófica: tipo Oligohalino*

***Resultados por campañas.-*** Se ha realizado un PCA con las siguientes variables tróficas: $PO_4$, $NO^{-}_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, oxígeno, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.13, Figura 2.15). El $NO^{-}_3$ fue eliminado previamente debido a su alta correlación con el DIN ($r > 0.80$). Los 3 primeros ejes generados con el análisis explican el 57.2% de la varianza total de las muestras, el primer eje explica un 26.7% y el segundo el 16.6%.

Todos los ejes extraídos por el PCA pueden considerarse como ejes de eutrofia. El primer eje, enfrenta las formas inorgánicas nitrogenadas ($NO^{-}_2$, DIN) y relación DIN/PO4 con la biomasa fitoplanctónica (Tabla 2.13 Fig. 2.15). Mientras que el segundo eje, se relaciona directamente $PO_4$, $NO^{-}_2$, $SIO_2$ y con Cl-*a* (Tabla 2.13, Fig. 2.15). Ambos ejes representan gradientes tróficos relacionados con la dinámica natural de nutrientes y con los aportes derivados de actividades humanas.

| Variable | PC1 | PC2 |
|---|---|---|
| PO4µmoles | -0,039 | 0,536 |
| NO2_µmoles | 0,462 | 0,367 |
| NH4_µmoles | 0,283 | 0,255 |
| DIN_µmoles | 0,521 | 0,208 |
| DIN/PO4 | 0,463 | -0,243 |
| SIO2_mgL | 0,04 | 0,364 |
| Fe_mgL | 0,292 | -0,198 |
| Oxig_porc | -0,047 | -0,028 |
| Cla_µg/L | -0,281 | 0,418 |
| AFDMgL | -0,228 | 0,251 |

Tabla 2.13. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las réplicas de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Oligohalino.

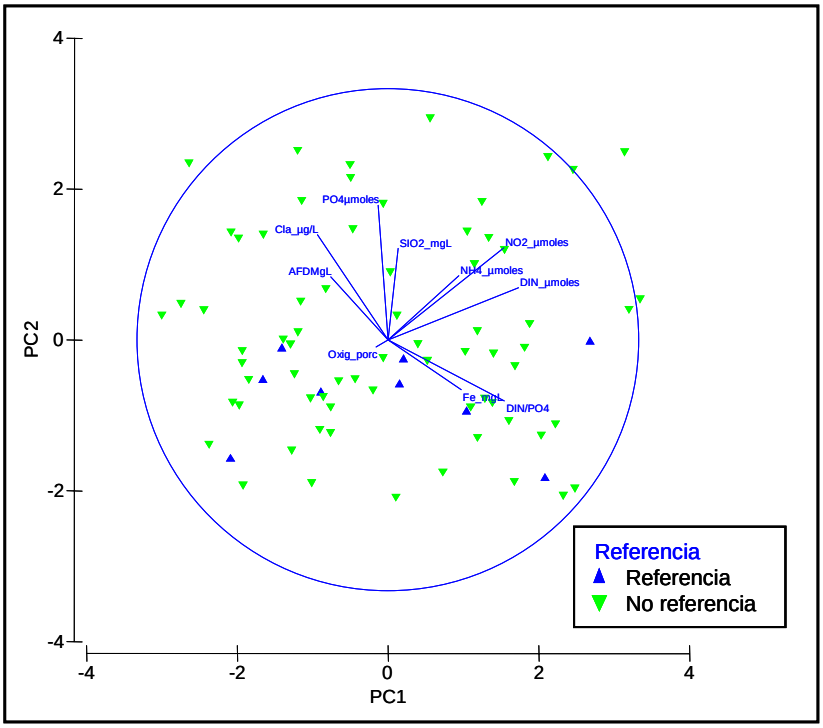



Figura 2.15 Ordenación bidimensional PCA para las muestras pertenecientes al tipo Oligohalino basada en la matriz reducida de datos de nutrientes y biomasa fitoplanctónica.

***Resultados por medias.-*** Se ha realizado un PCA con los valores medios de las mismas variables introducidas en el PCA realizado con las réplicas: $PO_4$, $NO^-_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, oxígeno, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.14, Figura 2.16). Los 3 primeros ejes generados explican el 63.1% de la varianza total de las muestras, el primer eje explica el 26% y el segundo el 22.7%.

El primer eje debe interpretarse como un gradiente trófico, relaciona positivamente la Cl-*a* con el $PO_4$, $NH_4$ y el resto de nutrientes, y negativamente con la relación DIN/$PO_4$. El segundo eje se relaciona de forma similar, positivamente con mayores contenidos de las formas nitrogenadas solubles ($NO^-_2$, DIN y la relación DIN/$PO_4$) y menores valores de Cl-*a*.

| Variable | PC1 | PC2 |
|---|---|---|
| PO4µmoles | 0,474 | 0,112 |
| NO2_µmoles | 0,294 | 0,547 |
| NH4_µmoles | 0,353 | -0,014 |
| DIN_µmoles | 0,162 | 0,583 |
| DIN/PO4 | -0,299 | 0,331 |
| SIO2_mgL | 0,291 | -0,167 |
| Fe_mgL | 0,154 | -0,393 |
| Oxig_porc | 0,111 | -0,035 |
| Cla_µg/L | 0,492 | -0,225 |
| AFDMgL | 0,292 | 0,066 |

Tabla 2.14. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de los valores de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Oligohalino.

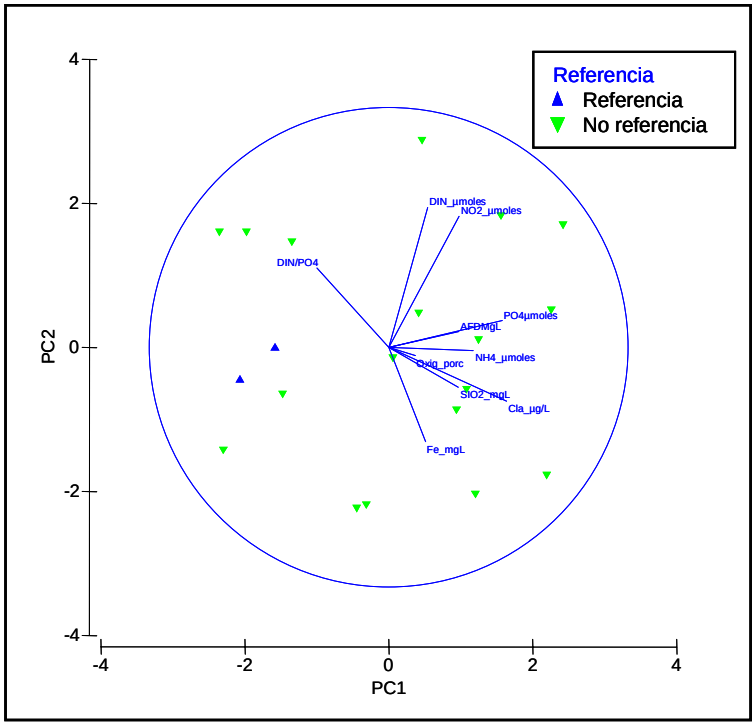



Figura 2.16. Ordenación bidimensional PCA para las muestras pertenecientes al tipo Oligohalino basada en la matriz reducida de medias de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica.

### 2.6.4.3. Gradientes de presión por tipo: MESOHALINO

#### *2.6.4.3.1. Gradiente de presión general: tipo Mesohalino*

***Resultados por campañas.-*** Se ha realizado un PCA con la matriz reducida de variables medioambientales seleccionadas para este tipo: alcalinidad, carbonatos, $PO_4$, $NO^{-}_2$, $NH_4$, DIN (nitógeno inorgánico disuelto), DIN/$PO_4$, $SIO_2$, $SO_4$, Fe, Oxígeno, pH, Salinidad, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.15, Fig. 2.17). Los 3 primeros ejes generados por el análisis explicaron el 49.7% de la variación encontrada en las muestras. El primero explicaba un 21%, el segundo el 15.4% y el tercero el 13.2%.

El primer eje podría considerarse como un gradiente de eutrofización-salinización, indicando mayores concentraciones de sales en las muestras a medida que disminuye el contenido de formas inorgánicas nitrogenadas ($NO^{-}_2$, DIN, DIN/$PO_4$) y la alcalinidad (Tabla 2.15, Fig. 2.17). El segundo eje indica la alternancia anual de nutrientes con mayores contenidos en sílice y $PO_4$ en la primavera´06 y verano´05, enfrentados al Fe y la relación DIN/$PO_4$ en la parte positiva del eje II, del otoño (Tabla 2.15, Fig. 2.17). El tercer eje, se relaciona negativamente con los nutrientes (DIN, DIN/PO4, $SIO_2$), con el $SO_4$ y la salinidad indicando la variación temporal de aumento de la concentración de sales en las zonas húmedas en verano, cuando el nitrógeno y sílice es menor (Tabla 2.15).

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | -0.347 | -0.076 | -0.005 |
| Carbonatos_CO3meqL | 0.105 | -0.111 | 0.014 |
| PO4µmoles | -0.085 | -0.543 | -0.022 |
| NO2_µmoles | -0.416 | -0.182 | 0.032 |
| NH4_µmoles | -0.194 | 0.172 | -0.196 |
| DIN_µmoles | -0.402 | -0.233 | -0.311 |
| DIN/PO4 | -0.315 | 0.34 | -0.237 |
| SIO2_mgL | -0.108 | -0.285 | -0.486 |
| SO4_mgL | 0.295 | -0.104 | -0.507 |
| Fe_mgL | -0.105 | 0.323 | 0.066 |
| Oxig_porc | 0.198 | -0.372 | 0.006 |
| pH | 0.328 | -0.222 | 0.154 |
| Salinidad_‰ | 0.308 | 0.21 | -0.468 |
| Cla_µg/L | -0.189 | -0.11 | 0.118 |
| AFDMgL | 0.046 | 0.119 | -0.231 |

Tabla 2.15. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las réplicas de los valores de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Mesohalino.

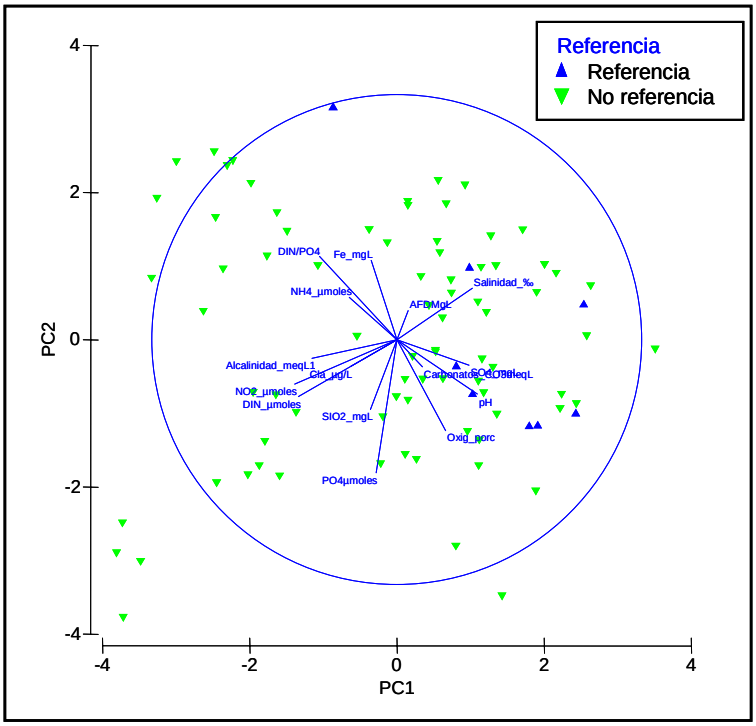



Figura 2.17. Ordenación bidimensional PCA para las muestras pertenecientes al tipo Mesohalino basada en la matriz reducida de las variables hidroquímicas y de biomasa fitoplanctónica.

***Resultados por medias.-*** Se ha realizado un PCA con la matriz reducida de los valores medios para las variables medioambientales seleccionadas para este tipo: alcalinidad, carbonatos, PO4, $NO_2$, NH4, DIN, DIN/PO4, SIO2, SO4, Fe, Oxígeno, pH, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.16, Fig. 2.18). Los 3 primeros ejes generados por el análisis explicaron el 61% de la variación total encontrada en los puntos estudiados. El primer eje explica un 30.5%, el segundo el 16.6% y el tercero el 13.9%.

El primer eje indica, como para el análisis por réplicas, un gradiente de eutrofización-salinización, estando relacionado positivamente con nutrientes ($PO_4$, DIN, $SIO_2$) y la alcalinidad, y negativamente con la salinidad y el pH (Tabla 2.16, Fig. 2.18). Este eje separa las zonas húmedas más confinadas, con alta salinidad y bajo contenido de nutrientes (p.e., ME19ZH02, ME19ZH04), situadas a la izquierda de la ordenación, de las zonas húmedas que reciben mayores aportes de agua y nutrientes desde cuencas de captación amplias (p.e., MA08, MA07) (Fig. 2.18). El segundo eje podría considerarse como un gradiente de eutrofia, estando relacionado positivamente con las muestras que presentan contenidos altos en

formas inorgánicas nitrogenadas ($NO^{-}_{2}$, $NH_4$), oxígeno y AFDM y valores bajo de alcalinidad (Tabla 2.16).

| Variable | PC1 | PC2 |
|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | 0,381 | -0,163 |
| Carbonatos_CO3meqL | -0,101 | -0,158 |
| PO4µmoles | 0,33 | 0,02 |
| NO2_µmoles | 0,249 | 0,432 |
| NH4_µmoles | -0,017 | 0,37 |
| DIN_µmoles | 0,379 | 0,206 |
| DIN/PO4 | 0,239 | -0,039 |
| SIO2_mgL | 0,336 | 0,163 |
| SO4_mgL | -0,28 | 0,209 |
| Fe_mgL | -0,071 | -0,009 |
| Oxig_porc | -0,151 | 0,443 |
| pH | -0,306 | 0,072 |
| Salinidad_‰ | -0,325 | 0,257 |
| Cla_µg/L | 0,232 | 0,142 |
| AFDMgL | 0,026 | 0,472 |

Tabla 2.16. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de los valores de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Mesohalino.

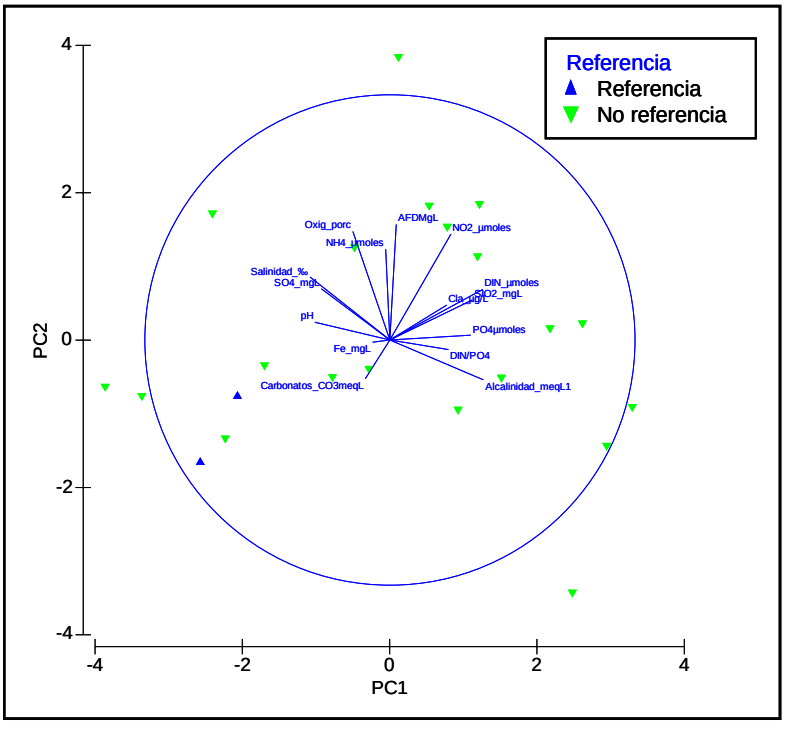



Figura 2.18. Ordenación bidimensional PCA para los puntos del tipo Mesohalino basada en la matriz de medias reducida de las variables hidroquímicas y de biomasa fitoplanctónica.

### *2.6.4.3.2. Gradiente de presión trófica: tipo Mesohalino*

***Resultados por réplicas.-*** Se ha realizado un PCA con las siguientes variables tróficas: $PO_4$, $NO^{-}_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, oxígeno, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.17, Fig. 2.19). El $NO^{-}_3$ fue eliminado previamente debido a su alta correlación con el DIN ($r > 0.8$). Los 3 primeros ejes generados explicaban el 58.1% de la varianza total explicada, el primer eje explicaba un 24.1%, el segundo el 21% y el tercero el 13.1%.

El primer eje podría interpretarse como un gradiente temporal de aumento de forma soluble de nutrientes, relacionándose negativamente con el $NO^{-}_2$, DIN, DIN/$PO_4$ y $SIO_2$ y separando las muestras pertenecientes a zonas húmedas más alteradas, de otoño y primavera, de las muestras de referencia, que se sitúan a la derecha de la ordenación (Fig. 2.19). El segundo eje enfrenta temporalmente en su lado positivo al Fe y DIN/$PO_4$, de valores más altos en otoño con el $PO_4$ y oxígeno, que caracterizan la campaña de primavera y verano (Tabla 2.17, Fig. 2.19). El tercer eje se relaciona negativamente con Cl-*a* y AFDM e indica un gradiente trófico de aumento de clorofila hacia la parte negativa.

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| **PO4µmoles** | -0.175 | -0.585 | 0.116 |
| **NO2_µmoles** | -0.496 | -0.047 | 0 |
| **NH4_µmoles** | -0.288 | 0.24 | 0.255 |
| **DIN_µmoles** | -0.595 | -0.1 | 0.087 |
| **DIN/PO4** | -0.369 | 0.486 | 0.019 |
| **SIO2_mgL** | -0.348 | -0.262 | -0.126 |
| **Fe_mgL** | -0.039 | 0.365 | -0.094 |
| **Oxig_porc** | 0.06 | -0.372 | -0.066 |
| **Cla_µg/L** | -0.155 | -0.057 | -0.69 |
| **AFDMgL** | -0.004 | 0.088 | -0.639 |

Tabla 2.17. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las réplicas de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Mesohalino.

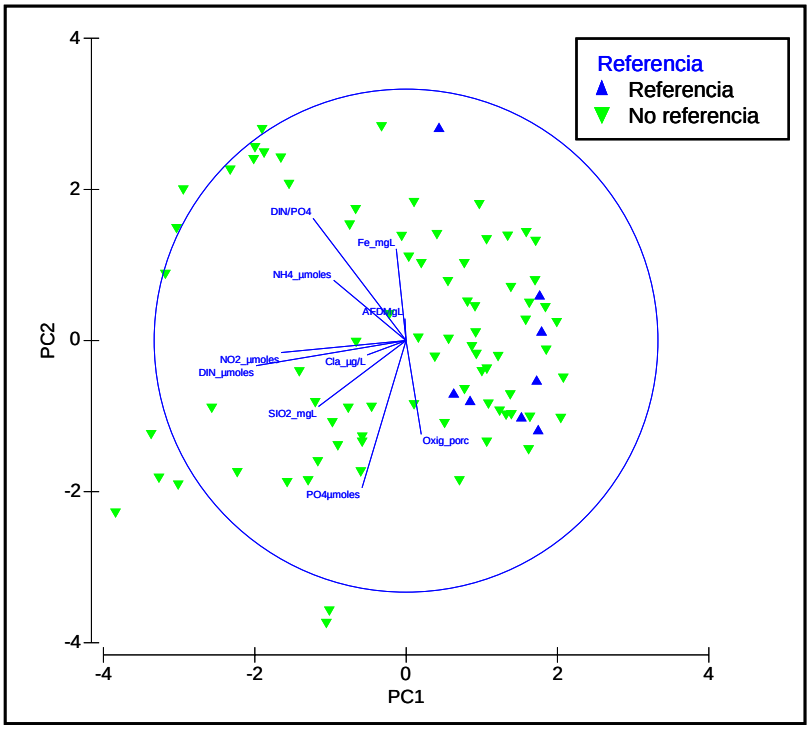



Figura 2.19. Ordenación bidimensional PCA para los puntos del tipo Mesohalino basada en la matriz reducida de datos de nutrientes y biomasa fitoplanctónica.

***Resultados por medias.-*** Se ha realizado un PCA con los valores medios de las variables tróficas: $PO_4$, $NO^-_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, Oxígeno, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.18, Figura 2.20). Se ha eliminado el $NO^-_3$ por su alta correlación con el DIN ($r > 0.8$). Los 3 primeros ejes generados por el análisis explicaron el 66.6% de la variación total encontrada en los puntos estudiados. El primer eje explica un 32% de esta variación, el segundo el 17.7% y el tercero el 16.8%.

El primer eje determina un gradiente trófico, relacionándose negativamente con formas inorgánicas nitrogenadas ($NO^-_2$, DIN), $SIO_2$ y con la Cl-*a* AFDM (Tabla 2.18, Figura 2.20). Al igual que ocurría en la ordenación realizada con las réplicas este eje separa las referencias (con un menor contenido promedio en nutrientes) de otros puntos más alterados, que se sitúan a la derecha de la ordenación. El segundo eje es temporal trófico, estando relacionado negativamente con AFDM y oxígeno y positivamente con DIN/$PO_4$. (Tabla 2.18, Figura 2.20).

| Variable | PC1 | PC2 |
|---|---|---|
| PO4µmoles | -0,377 | 0,25 |
| NO2_µmoles | -0,467 | -0,179 |
| NH4_µmoles | -0,1 | -0,281 |
| DIN_µmoles | -0,505 | 0,161 |
| DIN/PO4 | -0,191 | 0,456 |
| SIO2_mgL | -0,419 | 0,112 |
| Fe_mgL | 0,074 | -0,025 |
| Oxig_porc | -0,085 | -0,616 |
| Cla_µg/L | -0,313 | -0,173 |
| AFDMgL | -0,228 | -0,412 |

Tabla 2.18. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de los valores de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Mesohalino.

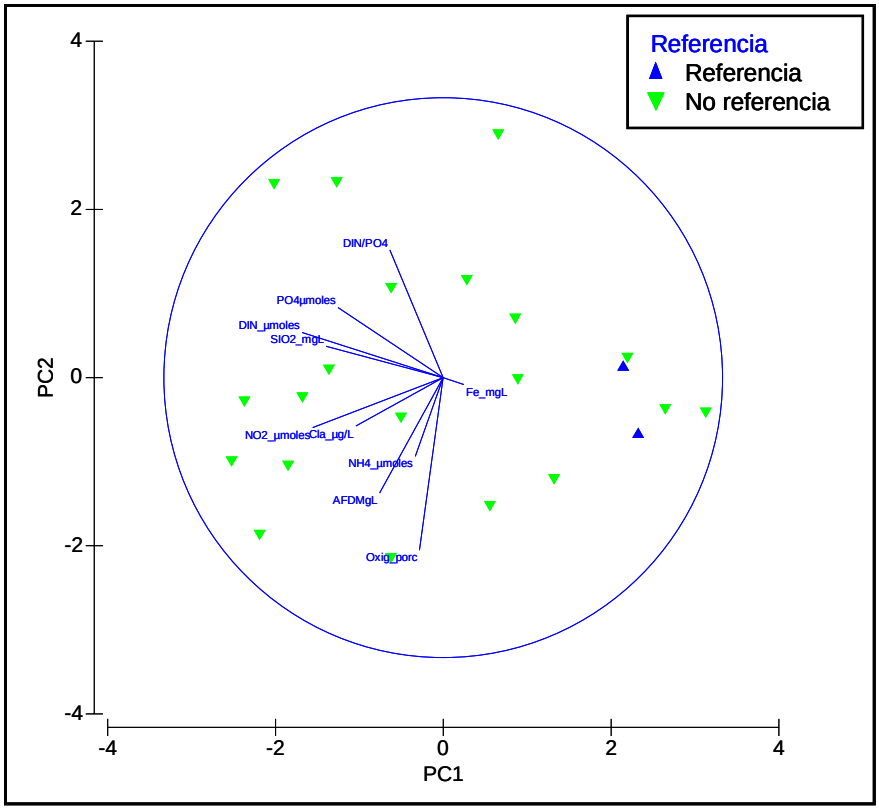



Figura 2.20. Ordenación bidimensional PCA para zonas húmedas del tipo Euhalino basada en la matriz reducida de medias de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica.

### 2.6.4.4. Gradientes de presión por tipo: EUHALINO

#### *2.6.4.4.1. Gradiente de presión general: tipo Euhalino*

***Resultados por campañas.-*** Se ha realizado un PCA con la matriz reducida de variables medioambientales: alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, $PO_4$, $NO^{-}_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, $SO_4$, Fe, Ca, Oxígeno, pH, Salinidad, Cl-*a* y materia orgánica libre de ceniza (AFDM) (Tabla 2.19, Figura 2.21). Algunas variables han sido eliminadas debido a su alta correlación (r>0.80). Los 3 primeros ejes generados explican el 59% de la varianza total encontrada en las muestras. El primero explicó un 24.1%, el segundo el 20.2% y el tercero el 14.7%.

El primer eje podría considerarse como un gradiente de sales y nutrientes del agua, que aumenta desde el otoño-primavera al verano'05, relacionando el contenido de alcalinidad, bicarbonatos, sulfato, sílice y calcio, en la parte negativa del eje I enfrentado a los mayores pH del verano '06 (Tabla 2.19, Fig. 2.21). El segundo eje, indica un gradiente de eutrofización-salinización estando relacionado negativamente con los valores de salinidad y positivamente con la concentración de nutrientes (Fe, DIN y $NH_4$) (Tabla 2.19, Fig. 2.21). Así, las muestras con una mayor concentración de sales, y que se disponen en la parte inferior de la ordenación, se corresponden con las muestras de la campaña de verano'06 recogidas en zonas húmedas someras y que están sometidas a una mayor estacionalidad, como es el caso de muchas de las de Formentera (FO02, FO03) y la Font de Na Lis (MA 18) (ver Tabla 2.4, en la que se mostraban los valores medios de salinidad para cada uno de los puntos estudiados). El aumento en las tasas de evaporación derivadas del aumento de la temperatura y la disminución en las entradas de agua hace que estas zonas húmedas tiendan a desecarse. Durante este periodo de confinamiento, la concentración de sales aumenta y se producen pérdidas de nitrógeno por asimilación biológica por la vegetación y probable desnitrificación (lo que explica la relación positiva de este eje con la concentración de DIN y $NH_4$. Durante la época de inundación la concentración de sales se diluye hecho que explica la distribución de la mayor parte de las muestras de la campaña de otoño y primavera hacia la parte superior de este segundo eje (Fig. 2.21). El tercer eje indica un gradiente trófico, estando correlacionado negativamente con el contenido de PO4 y oxígeno, y positivamente con carbonatos, $NO^{-}_2$ y DIN/$PO_4$ (Tabla 2.19).

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | -0.335 | 0.197 | 0.071 |
| Carbonatos_CO3meqL | 0.21 | 0.037 | 0.29 |
| Bicarbonatos_HCO3meqL | -0.381 | 0.091 | -0.123 |
| PO4µmoles | -0.191 | 0.033 | -0.416 |
| NO2_µmoles | -0.245 | -0.13 | 0.29 |
| NH4_µmoles | 0.078 | 0.423 | 0.273 |
| DIN_µmoles | -0.288 | 0.35 | 0.02 |
| DIN/PO4 | 0.001 | 0.265 | 0.436 |
| SIO2_mgL | -0.425 | 0.063 | -0.106 |
| SO4_mgL | -0.393 | -0.167 | -0.103 |
| Fe_mgL | -0.09 | 0.331 | 0.057 |
| Ca_mgL | -0.292 | -0.291 | 0.266 |
| Oxig_porc | 0.024 | 0.084 | -0.337 |
| pH | 0.191 | -0.327 | -0.117 |
| Salinidad_‰ | -0.165 | -0.383 | 0.237 |
| Cla_µg/L | -0.048 | -0.032 | 0.195 |
| AFDMgL | -0.135 | -0.275 | 0.237 |

Tabla 2.19. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las réplicas de los valores de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Euhalino.

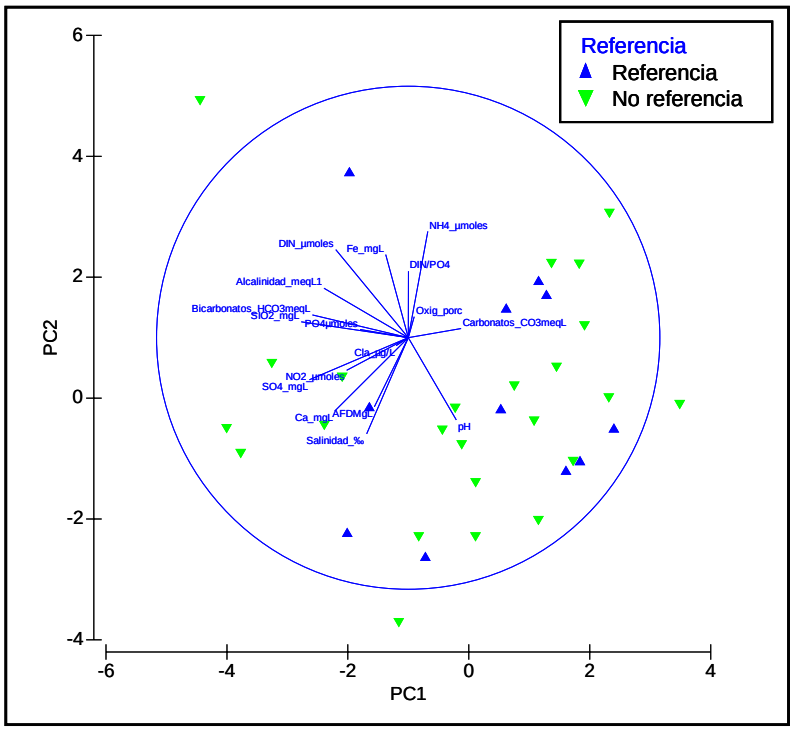



Figura 2.21. Ordenación bidimensional PCA para las muestras pertenecientes al tipo Euhalino basada en la matriz reducida de las variables hidroquímicas y de biomasa fitoplanctónica.

***Resultados por medias.-*** Se ha realizado un PCA con la matriz reducida de los valores medio de las variables medioambientales: alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, $PO_4$, $NO^-_2$, $NO^-_3$, DIN, $SIO_2$, $SO_4$, Fe, Ca, oxígeno, salinidad, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.20, Fig. 2.22). Se han eliminado el $NH_4$ y DIN/$PO_4$, así como el pH por su alta correlación ($r > 0.8$) con el DIN y el $PO_4$, respectivamente. Los 3 primeros ejes generados por el análisis explican el 67.0 % de la varianza total de las muestras. El primero explicaba un 29.0 %, el segundo el 22.1% y el tercero el 15.8%.

El primer eje se relaciona negativamente con la salinidad, alcalinidad, $NO_3$, calcio, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.20, Fig. 2.22). Al igual que ocurría en la ordenación de todas las muestras, estos ejes separan las zonas húmedas más someras y que están sometidas a una mayor estacionalidad, y que se sitúan en la parte derecha de la ordenación (*p.e.*, FO02, MA23). De igual manera, el segundo eje se relaciona negativamente $NO^-_2$, y $SIO_2$ y positivamente $PO_4$, oxígeno y AFDM (Tabla 2.20, Fig. 2.22). Los altos valores promedio de nitrato y nitrito que se asocian con dos de las referencias (MA20 y FO04), situadas en la parte inferior izquierda de la ordenación, podrían indicar un arrastre de nitrógeno en el agua salada debido a tormentas en Otoño, cuando los valores de $NO^-_3$ se incrementan, haciendo que sus valores promedios sean también elevados (*Anexo 2.II*). Estos aportes, además de reducir la salinidad (después del verano la salinidad es máxima), aportan nutrientes, provocando un incremento del grado de eutrofia de las zonas húmedas receptoras, habitualmente pobres en nitrógeno. El tercer eje se correlaciona negativamente con los nutrientes (PO4, $NO^-_2$, DIN) y Cl-*a*, y positivamente con la salinidad (Tabla 2.20).

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| Alcalinidad_meqL1 | -0.307 | -0.045 | 0.042 |
| Carbonatos_CO3meqL | -0.206 | 0.224 | 0.119 |
| Bicarbonatos_HCO3meqL | 0.02 | -0.309 | -0.203 |
| PO4µmoles | 0.098 | 0.318 | -0.384 |
| NO2_µmoles | -0.208 | -0.355 | -0.304 |
| NO3_µmoles | -0.328 | 0.16 | -0.187 |
| DIN_µmoles | 0.137 | 0.061 | -0.342 |
| SIO2_mgL | -0.239 | -0.345 | -0.251 |
| SO4_mgL | -0.283 | 0.213 | -0.254 |
| Fe_mgL | -0.263 | -0.093 | 0.249 |
| Ca_mgL | -0.399 | -0.156 | 0.116 |
| Oxig_porc | 0.105 | 0.486 | 0.084 |
| Salinidad_‰ | -0.315 | 0.013 | 0.426 |
| Cla_µg/L | -0.306 | 0.189 | -0.398 |
| AFDMgL | -0.338 | 0.356 | 0.043 |

Tabla 2.20. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de los valores de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Euhalino.

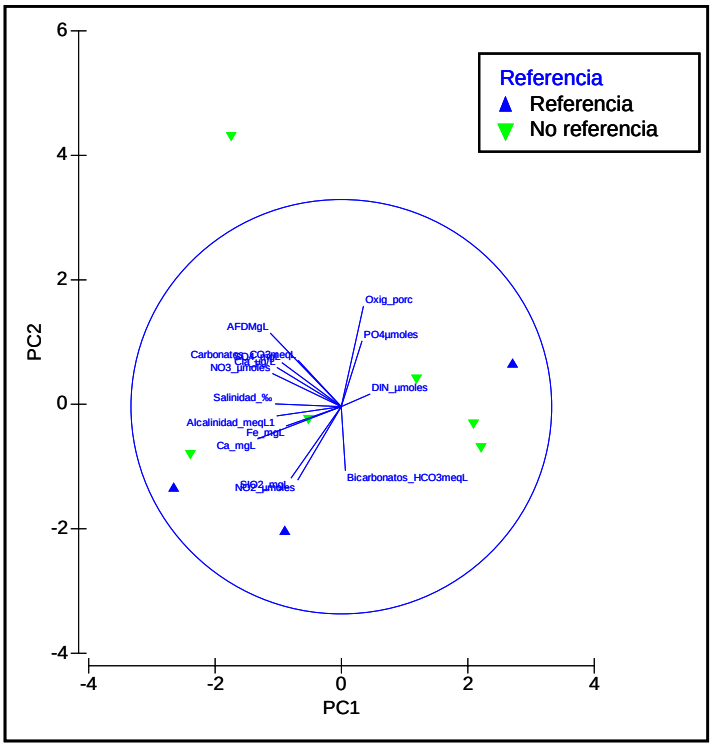



Figura 2.22. Ordenación bidimensional PCA para los puntos del tipo Euhalino basada en la matriz reducida de medias de las variables hidroquímicas y biomasa fitoplanctónica.

### *2.6.4.4.2. Gradiente de presión trófica: tipo Euhalino*

***Resultados por campañas.-*** Se ha realizado un PCA con las siguientes variables tróficas: $PO_4$, $NO_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, oxígeno, Cl-*a* y AFDM. El $NO_3$ fue eliminado previamente debido a su alta correlación con el DIN ($r > 0.80$) (Tabla 2.21, Fig. 2.23). Los 3 primeros ejes generados explicaron el 64.1% de la variación total de las muestras, el primer eje explicaba un 25.8%, el segundo el 21.5% y el tercero el 16.8%.

El primer eje se relaciona negativamente con el $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$ y Fe (Tabla 2.21, Fig. 2.23). El segundo eje se relaciona positivamente con $NH_4$ y DIN/$PO_4$ y negativamente con $PO_4$ y $SIO_2$ (Tabla 2.21, Fig. 2.23). Estos dos ejes sitúan a las muestras con un mayor contenido en formas inorgánicas nitrogenadas del otoño en la parte superior izquierda de la ordenación (p.e., MA20oto, MA20ver05, MA23EstreOto) (Fig. 2.23) frente a las muestras de mayo'05, que presentan los mayores contenidos en $PO_4$ y sílice.

| Variable | PC1 | PC2 |
|---|---|---|
| PO4µmoles | -0.009 | -0.625 |
| NO2_µmoles | -0.103 | -0.038 |
| NH4_µmoles | -0.463 | 0.312 |
| DIN_µmoles | -0.545 | -0.23 |
| DIN/PO4 | -0.455 | 0.396 |
| SIO2_mgL | -0.278 | -0.497 |
| Fe_mgL | -0.393 | -0.085 |
| Oxig_porc | -0.057 | -0.207 |
| Cla_µg/L | -0.144 | 0.009 |
| AFDMgL | 0.123 | 0.061 |

Tabla 2.21. Contribución de cada una de las variables a los componentes del PCA realizado con las réplicas de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Euhalino.

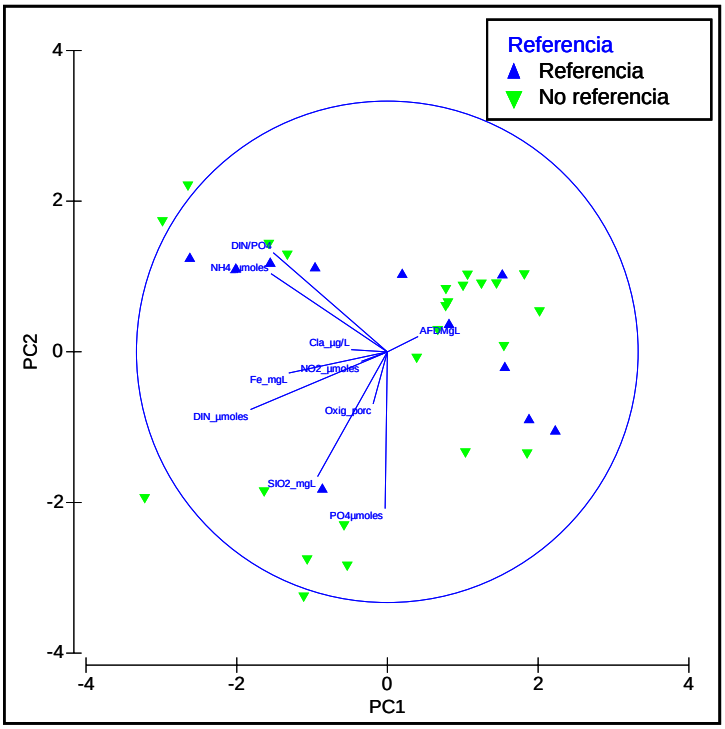



Figura 2.23. Ordenación bidimensional PCA para zonas húmedas del tipo Euhalino basada en la matriz reducida de las réplicas de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica.

***Resultados por medias.-*** Se ha realizado un PCA con los valores medios de las mismas variables introducidas en el PCA realizado con las réplicas: $PO_4$, $NO^{-}_2$, $NH_4$, DIN, DIN/$PO_4$, $SIO_2$, Fe, oxígeno, Cl-*a* y AFDM (Tabla 2.22, Fig. 2.24). Se han eliminado el $NH_4$ y DIN/$PO_4$ por su alta correlación con el DIN ($r > 0.8$). Los 3 primeros ejes generados por el análisis explicaron el 79.7% de la varianza total. El primero explicaba un 31.1%, el segundo el 29.8% y el tercero el 18.8%.

El primer eje se relaciona negativamente con el $NO^{-}_2$ y $SIO_2$ y positivamente con el oxígeno, este gradiente diferencia a dos puntos de referencia, con mayores contenidos en sílice, hierro y nitritos, del resto de las muestras (Tabla 2.22, Fig. 2.24). El segundo eje se relaciona negativamente con $NO_3$, Cl-*a* y AFDM, este eje identifica un gradiente trófico apuntando a mayores valores de Cl-*a* en relación con el $NO^{-}_3$y $PO_4$ de la muestra MA18, frente a la dominancia de tan sólo el nitrógeno en el resto de los puntos. (Tabla 2.22, Fig. 2.24). El tercer eje se relaciona positivamente con Fe y negativamente con DIN y $PO_4$. (Tabla 2.22).

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|---|---|---|---|
| PO4µmoles | 0.197 | -0.318 | -0.473 |
| NO2_µmoles | -0.52 | 0.076 | -0.303 |
| NO3_µmoles | -0.17 | -0.548 | 0.116 |
| DIN_µmoles | 0.066 | 0.143 | -0.674 |
| SIO2_mgL | -0.509 | -0.092 | -0.027 |
| Fe_mgL | -0.285 | -0.031 | 0.319 |
| Oxig_porc | 0.517 | -0.248 | 0.009 |
| Cla_µg/L | -0.215 | -0.477 | -0.286 |
| AFDMgL | 0.058 | -0.524 | 0.18 |

Tabla 2.22. Contribución de cada uno de las variables a los componentes del PCA realizado con las medias de los valores de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica para el tipo Euhalino.

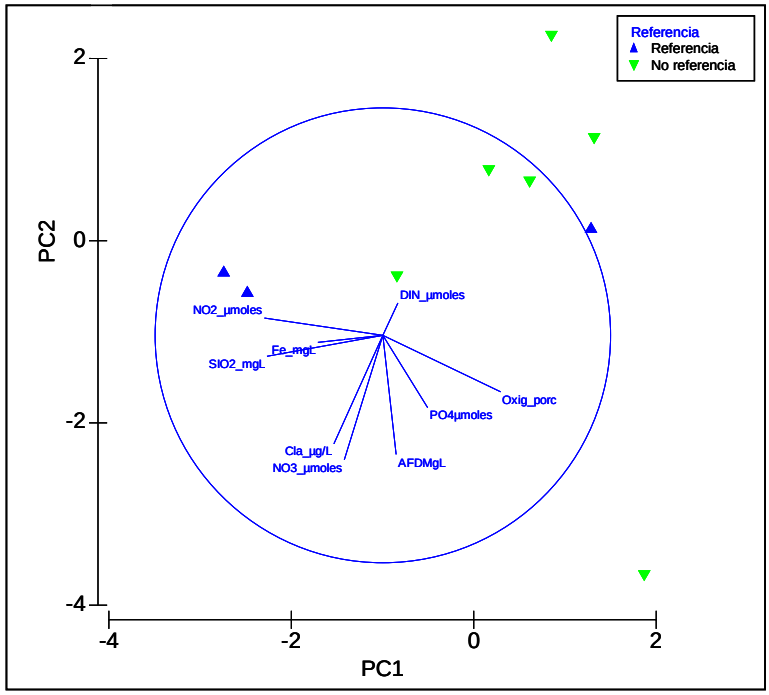



Figura 2.24. Ordenación bidimensional PCA para zonas húmedas del tipo Euhalino basada en la matriz reducida de medias de las variables tróficas y biomasa fitoplanctónica.

## 2.6.5. Modelos de Clasificación del Estado Ecológico

Para evaluar cada una de los puntos estudiados en los humedales según indica la DMA, los esfuerzos se dirigieron a la elaboración de un índice multimétrico para cada uno de los elementos biológicos analizados (invertebrados y fitoplancton), que nos permita establecer, a partir de los valores del mismo en las localidades de referencia, el estado ecológico de cualquier punto a efectos comparativos. Al índice multimétrico creado para las Islas Baleares, se le ha denominado con el acrónimo de MIB (Multimétrico de Islas Baleares), además se indica el elemento biológico y el tipo de masa de agua para el que está diseñado, en este caso, humedales. De modo que los acrónimos que se encontrarán a lo largo del texto y en los pies de figura (no así en las figuras propiamente) serán, para invertebrados INVHMIB (INVertebrados-Humedales- Multimétrico de Islas Baleares) y para fitoplancton FITOHMIB (FITOplancton-Humedales- Multimétrico de Islas Baleares). Las clases de estado ecológico así como la metodología para su cálculo, fue explicado en el apartado 2.5. No

obstante, se recuerda aquí de nuevo, que para este apartado, *Modelos de clasificación*, el corte utilizado entre las clases *Bueno/Moderado* es todavía de 0.6.

***Invertebrados.-*** La comunidad de invertebrados analizada incluye numerosos grupos taxonómicos que se encuentran asociados al fondo de las orillas de las zonas húmedas estudiadas. Aunque el zooplancton es un parámetro biológico que no está recogido en la DMA, muchos de estos organismos como ostrácodos o copépodos aparecen resuspendidos en el fondo acompañando a los macroinvertebrados. Siguiendo el procedimiento explicado en el apartado 1.6., se seleccionaron para cada tipo de zona húmeda, los taxones y métricos que potencialmente podrían responder a las perturbaciones (uso como indicador), analizando su respuesta a los gradientes de presión identificados. Los métricos seleccionados para el cálculo del multimétrico de invertebrados se muestran en la tabla 2.23. Posteriormente, estos métricos individuales fueron transformados en función de su naturaleza y el modo de respuesta a la presión, para poder sumarlos y calcular así el multimétrico, INVHMIB (Tabla 1.16). Con estos métricos indicadores se generó un nuevo índice, sumando los valores normalizados de los métricos seleccionados. Después, este multimétrico se normaliza en función del máximo valor obtenido para el multimétrico de todas las masas de agua, para así obtener el índice de calidad estandarizado EQR- INVHMIB (ver apartado 2.5).

| TIPO | | MÉTRICO | RESPUESTA A LA PRESIÓN | INVERSIÓN | TRANSFORMACIÓN | NORMALIZACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OLIGOHALINO | Porcentaje-sensibilidad | Géneros presentes en las referencias | - | no | no | Mediana |
| | Abundancia | Suma Daphnia (Ctenodapnia) y Herpetocypris | - | no | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Abundancia | Diptera | - | no | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Abundancia | Polychatea | + | si | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Porcentaje | Gastropoda | + | si | no | Mediana |
| | Diversidad | Diversidad de Margalef | - | no | no | Mediana |
| MESOHALINO | Abundancia-sensibilidad | Lekanesphaera y Loxoconcha | - | no | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Abundancia | Suma Amphipoda, Gastropoda e Isopoda | - | no | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Diversidad | Diversidad de Margalef | - | no | no | Mediana |
| EUHALINO | Abundancia-sensibilidad | Géneros presentes en las referencias | - | no | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Abundancia | Suma de ostrácodos | + | si | Log (x +1) /Max. serie | Mediana |
| | Riqueza | Riquezas de Familias | - | no | no | Mediana |
| | Diversidad | Diversidad de Margalef | - | no | no | Mediana |

Tabla 2.23. Tabla resumen de los métricos utilizados en la elaboración del multimétrico de invertebrados (INVHMIB), indicando su respuesta a la presión y las transformaciones y normalizaciones necesarias para la obtención del multimétrico.

***Fitoplancton.-*** El anexo V de la DMA contempla el fitoplancton como un indicador de la calidad biológica de las aguas de transición, por lo que es de gran importancia su descripción e interpretación en las zonas húmedas de las Islas Baleares. Como se indicó en el apartado (2.6.1.2) la tipología de las zonas húmedas consideradas en este estudio se ha definido en base a la comunidad de invertebrados bentónicos litorales. En parte esto se debe a que el fitoplancton ha demostrado presentar una variabilidad temporal muy alta, tanto en lo que se refiere a la composición del fitoplancton como a la estima de la clorofila, que responde directamente a la disponibilidad de nutrientes, que a su vez está marcada por una dinámica muy contrastada. Para el cálculo del multimétrico de fitoplancton (FITOHMIB)se evaluó la composición taxonómica y la abundancia de cada una de las especies, siguiendo la metodología indicada en el apartado (2.5). En algunas ocasiones tales grupos están constituidos por los taxa englobados en la categoría taxonómica de División. Otras veces se consideraron niveles taxonómicos más bajos, tales como Clases, órdenes o géneros. Sin embargo, como los métricos calculados a nivel genérico/específico resultaron ser son muy heterogéneas y ante el elevado número de "ceros" que caracterizaban estos métricos, se optó por el uso de métricos establecidos a un nivel taxonómico mayor. Además, y tal y como se contempla en el anexo V de la DMA también se usaron indicadores de la biomasa fitoplanctónica, tales como la Cl-*a* y la AFDM. Aún así, la variabilidad en los humedales de estos grupos es muy alta. En este estudio se ha optado por la elaboración de multimétricos sencillos, incluyendo la clorofila-a, y la abundancia relativa de cianofíceas, que de forma natural y antrópica tienden a caracterizar la composición fitoplanctónica de los humedales más enriquecidos en nutrientes (Tabla 2.24). Una vez seleccionados los métricos se comprueba su calidad indicadora, analizando su respuesta a los gradientes de presión identificados para cada tipo mediante PCAs. Los métricos seleccionados para el cálculo del multimétrico de fitoplancton, FITOHMIB, se muestran en la tabla 2.24. Con estos métricos indicadores se generó un nuevo multimétrico, siguiendo el mismo proceso explicado para los macroinvertebrados, pero en este caso aplicado al fitoplancton EQR-FITOHMIB (ver apartado 2.5).

| TIPO | | MÉTRICO | RESPUESTA A LA PRESIÓN | INVERSIÓN | TRANSFORMACIÓN | NORMALIZACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **OLIGOHALINO** | Biomasa | **chl-*a* (µg/L)** | **+** | **si** | **Log (x +1) /Max. serie** | **Mediana** |
| | Composición | **% Cianofíceas** | **+** | **si** | **no** | **Mediana** |
| **MESOHALINO** | Biomasa | **chl-*a* (µg/L)** | **+** | **si** | **Log (x +1) /Max. serie** | **Mediana** |
| | Composición | **% Cianofíceas** | **+** | **si** | **no** | **Mediana** |
| **EUHALINO** | Biomasa | **chl-*a* (µg/L)** | **+** | **si** | **Log (x +1) /Max. serie** | **Mediana** |
| | Composición | **% Oscilatoriales** | **+** | **si** | **no** | **Mediana** |

Tabla 2.24. Tabla resumen de los métricos utilizados en la elaboración del multimétrico de fitoplancton (FITOHMIB), indicando su respuesta a la presión y las transformaciones y normalizaciones necesarias para la obtención del multimétrico.

### 2.6.5.1. Modelo general por tipo: OLIGOHALINO

***Invertebrados.-*** Para el cálculo del MIB del tipo Oligohalino se seleccionaron 5 métricos que cumplen los requerimientos normativos especificados por la DMA (anexo V, punto 1.2.3): como taxones sensibles en este caso se utilizó, el porcentaje de los géneros que caracterizan a las muestras de referencia; métricos basados en abundancia, en este caso se utilizaron, la suma de las abundancias de *Daphnia* (*Ctenodapnia*) sp. y *Herpetocypris* sp., la abundancia de los órdenes Diptera y Polychatea, y la abundancia relativa del orden Gastropoda así como métricos basados en diversidad, en este caso se utilizó, la diversidad de Margalef (Tabla 2.25). Los géneros presentes en las referencias han sido obtenidos mediante la rutina SIMPER (como fue explicado en el punto 2.5), el porcentaje (respecto de la abundancia total) fue calculado para aquellos géneros que resultaron más abundantes: Tubificadae Gen. sp., Simocephalus sp., *Sarscypridopsis* sp., *Psectrocladius* sp., *Physella* sp., *Megacyclops* sp., *Laccophillus* sp., *Herpetocypris* sp., *Daphnia* (*Ctenodaphnia*) sp. y *Cloeon* sp.

| Tipo de métrico | Métrico Oligohalino |
|---|---|
| Porcentaje-sensibilidad | Géneros presentes en las referencias |
| Abundancia | Suma Daphnia (Ctenodapnia) y Herpetocypris |
| Abundancia | Diptera |
| Abundancia | Polychatea |
| Porcentaje | Gastropoda |
| Diversidad | Diversidad de Margalef |

Tabla 2.25. Relación de métricos seleccionados para la elaboración del INVHMIB del tipo Oligohalino.

Como cabría esperar, el valor de los métricos individuales se correlacionó positivamente con el valor de EQR-INVHMIB obtenido (Tabla 2.26). Para estudiar la respuesta del INVHMIB obtenido como indicador biológico, se hicieron correlaciones entre los valores de los métricos individuales y el valor del EQR-INVHMIB con los ejes de presión identificados previamente. El valor del EQR-INVHMIB obtenido se correlaciona significativamente con muchos de los ejes de presión identificados (Tabla 2.26). Se observa que la abundancia de los dípteros es la que tiene una mayor correlación con estos gradientes, seguida de la abundancia de poliquetos y la abundancia relativa de gasterópodos, estos dos últimos métricos mostrando una mayor sensibilidad cuando se trabajó con las medias (Tabla 2.26).

| | EQR | Generos Referencia | Abundancia *Daphnia* + *Herpetocypris* | Abundancia Dipteros | Abundancia poliquetos | % Gasteropoda | Diversidad Margalef |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **EQR** | - | *0.84* | *0.43* | *0.31* | *0.65* | *0.34* | *0.58* |
| **GenReferencia** | *0.84* | - | *0.42* | ns | *0.56* | ns | *0.45* |
| **Abundancia *Daphnia* + *Herpetocypris*** | *0.43* | *0.42* | - | ns | ns | *0.26* | ns |
| **Abundancia Dipteros** | *0.31* | ns | ns | - | *0.39* | ns | ns |
| **Abundancia poliquetos** | *0.65* | *0.56* | ns | *0.39* | - | *0.24* | *0.27* |
| **% Gasteropoda** | *0.34* | ns | *0.26* | ns | *0.24* | - | ns |
| **Diversidad Margalef** | *0.58* | *0.45* | ns | ns | *0.27* | ns | - |
| **GradTrofico1** | ns | ns | ns | *-0.30* | ns | ns | ns |
| **GradTrofico2** | *-0.24* | *-0.22* | ns | ns | ns | ns | ns |
| **mediaGradTrofico1** | *-0.25* | ns | ns | ns | ns | *-0.24* | ns |
| **mediaGradTrofico2** | ns | ns | ns | *-0.32* | *-0.28* | ns | ns |
| **GradGeneral1** | *-0.29* | *-0.34* | ns | *0.27* | ns | ns | *-0.36* |
| **GradGeneral2** | *0.50* | *0.49* | ns | ns | *0.33* | ns | *0.37* |
| **GradGeneral3** | *0.25* | *0.23* | ns | ns | ns | ns | ns |
| **mediaGradGeneral1** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| **mediaGradGeneral3** | ns | *-0.23* | ns | ns | *-0.24* | *0.33* | ns |

Tabla 2.26. Tabla de correlación ente EQR-INVHMIB y los métricos utilizados para el cálculo del multimétrico de fitoplancton para el tipo Oligohalino, con los gradientes de presión generados con el PCA (ver texto). GradTrofico= Gradiente trófico por campañas; mediaGradTrofico= Gradiente trófico por medias; GradGenal =Gradiente General por campañas; mediaGradgenrl= Gradiente general por medias. Los números indican los ejes extraídos con el PCA. Se muestra el valor del coeficiente de correlación (*Rho Spearman*) obtenido entre dos variables. ns = correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

Una vez comprobado el funcionamiento de los indicadores que componen el EQR-INVHMIB para el tipo Oligohalino, se puede observar el cambio que se produce a lo largo de los ejes de presión identificados al disminuir la clase de estado ecológico (Figs 2.25). Existe una clara segregación de las muestras a lo largo de los gradientes identificados, en particular, se muestra la relación entre el cambio de clase y los ejes 1 y 2 del gradiente de degradación

general realizado con las réplicas, que expresaban un gradiente de salinización-trofismo y de alternancia temporal en la disponibilidad de nutrientes, respectivamente (ver apartado 2.6.4.2.2.) (Fig. 2.25A y B). También se muestra la relación entre el cambio de clase y el gradiente trófico obtenido con las réplicas (eje II del PCA, GradTrofico2), que había sido identificado como un gradiente de eutrofia, relacionándose de manera positiva con todos los nutrientes (Fig. 2.25C).

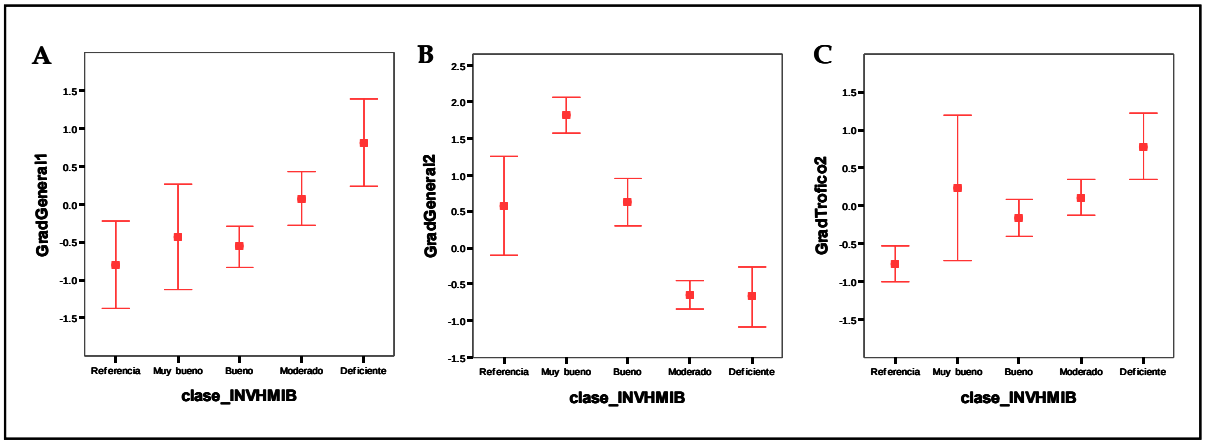



Figura 2.25. Correspondencia entre distintos gradientes de presión obtenidos con las réplicas por clase del EQR-INVHMIB, para el tipo Oligohalino en función de las clases de estado. Se muestra la relación entre la clase de estado y: A) eje 1 y del gradiente de degradación general, B) eje 2 del gradiente de degradación general, y C) eje 2 del gradiente trófico, todos obtenidos en base a las réplicas.

Además, el cambio que se produce en el valor del EQR-INVHMIB a lo largo del gradiente trófico, también se refleja en un cambio en las condiciones físico-químicas entre las 5 clases de estado identificadas (Fig. 2.26, Tabla 2.27). De forma general, los puntos con un valor de EQR mayor se corresponden con aquellas zonas húmedas con un menor contenido de nutrientes y menor valor promedio de biomasa fitoplanctónica, incrementándose el valor promedio y el rango de de ambos parámetros en condiciones de eutrofia (Fig. 2.26, Tabla 2.27).

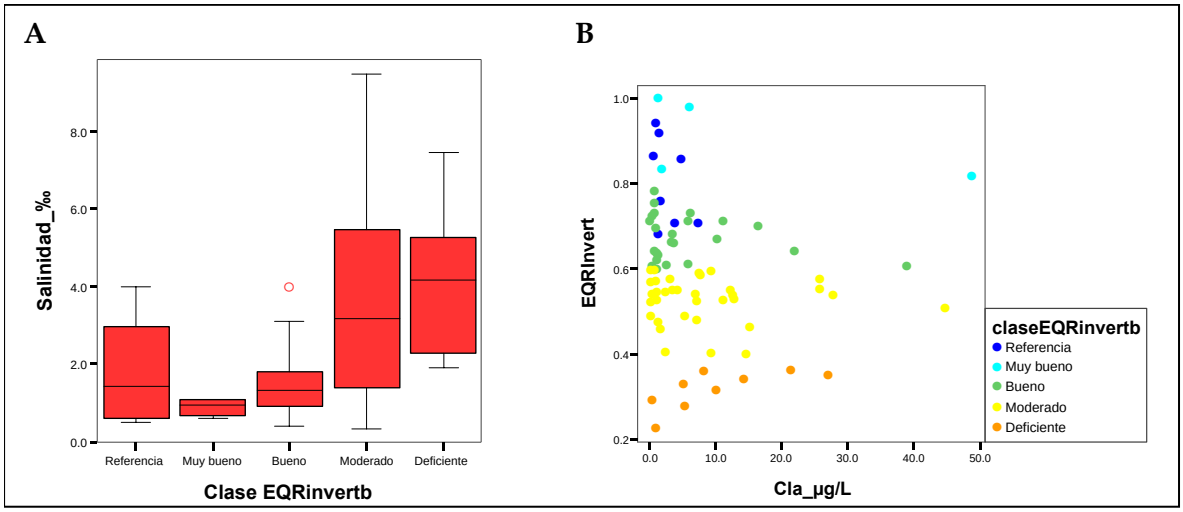



Figura 2.26. Cambio que se produce en el valor de ciertas variables medioambientales con las clases de estado. La figura muestra: A) diagrama de caja para la variable salinidad y B) grafico de dispersión para la variable biomasa fitoplanctónica en forma de Cl-*a*, ambas variables seleccionadas por su alta correlación con el EQR-INVHMIB. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

| Variable | | Clase EQR Invertebrado | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Referencia | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente |
| SIO2_mgL | Mediana | 2.546 | 5.469 | 2.829 | 4.597 | 4.130 |
| | Media | 2.777 | 5.616 | 3.243 | 5.950 | 5.864 |
| | EE | 0.880 | 2.107 | 0.473 | 0.825 | 1.201 |
| SO4_mgL | Mediana | 168.739 | 60.246 | 134.822 | 161.595 | 288.852 |
| | Media | 169.397 | 61.681 | 136.089 | 260.019 | 311.846 |
| | EE | 55.289 | 20.949 | 17.331 | 37.777 | 62.831 |
| Ca_mgL | Mediana | 107.310 | 82.100 | 59.275 | 108.563 | 177.327 |
| | Media | 134.148 | 87.750 | 83.966 | 128.268 | 161.795 |
| | EE | 31.009 | 21.253 | 14.919 | 14.513 | 25.899 |
| K_mgL | Mediana | 23.370 | 23.095 | 35.110 | 54.550 | 68.350 |
| | Media | 26.742 | 30.691 | 35.647 | 56.745 | 67.328 |
| | EE | 7.446 | 11.365 | 4.072 | 7.041 | 11.289 |
| Salinidad_‰ | Mediana | 1.450 | 0.950 | 1.325 | 3.175 | 4.150 |
| | Media | 1.825 | 0.900 | 1.511 | 3.806 | 4.128 |
| | EE | 0.498 | 0.122 | 0.178 | 0.472 | 0.690 |
| Cla_µg/L | Mediana | 1.492 | 3.909 | 1.902 | 6.089 | 8.202 |
| | Media | 2.710 | 14.467 | 5.755 | 8.404 | 10.283 |
| | EE | 0.846 | 11.496 | 1.832 | 1.705 | 3.038 |
| AFDMgL | Mediana | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.003 |
| | Media | 0.003 | 0.005 | 0.006 | 0.011 | 0.008 |
| | EE | 0.000 | 0.002 | 0.001 | 0.004 | 0.003 |

Tabla 2.27. Tabla resumen de del valor de aquellas variables medioambientales más correlacionadas con los valores de EQR-INVHMIB obtenidos para cada muestra del tipo Oligohalino. Se muestran los valores medios, error típico de la media (EE, error estándar) y mediana para cada una de las 5 clases de estado definidas con el valor de EQR obtenido.

En lo referente al cambio que se produce en las comunidades en las clases de estado, se ve que por ejemplo, la suma de las abundancias de los géneros presentes en referencia, es un buen métrico discriminador de las referencias (Fig. 2.27A) mientras que la abundancia de poliquetos, discrimina a las masas de las clases de peor calidad, moderadas y deficientes (Fig. 2.27B).

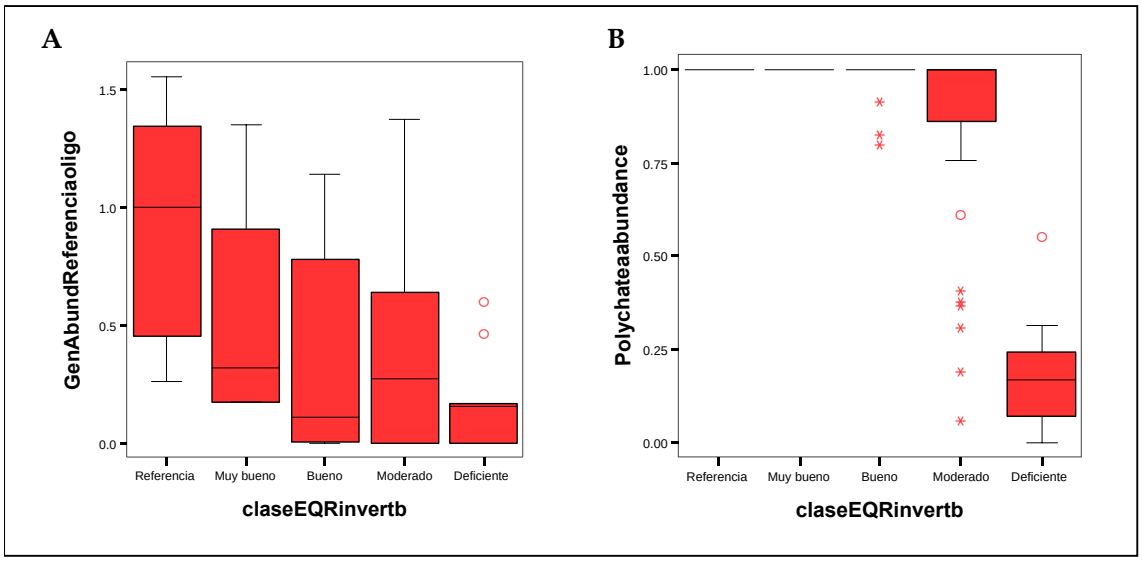



Figura 2.27. Cambio que se produce en el valor de los métricos individuales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para dos métricos indicadores: A) géneros presentes en referencia, y B) abundancia de poliquetos. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

Para comprobar si las clases del estado ecológico que han sido definidas por el EQR-INVHMIB se corresponden con la composición y abundancia de las comunidades de invertebrados. Se ha realizado una ordenación MDS con todas las muestras incluidas en este tipo (Figura 2.28), adjudicándosele a cada muestra la clase en la que ha sido incluida según el multimétrico del tipo Oligohalino (Tabla 2.28).

En la ordenación se puede observar un gradiente de cambio de la clase de estado. Las referencias y las muestras pertenecientes a la clase de estado *Muy Bueno* se agrupan en la derecha de la ordenación mostrando una alta similitud, rodeadas de las muestras a las que se

les adjudicó un estado *Bueno* o *Moderado, y* siendo las muestras con estado *Deficiente* las más disimilares y en posición más alejadas del núcleo de referencias (Figura 2.28).

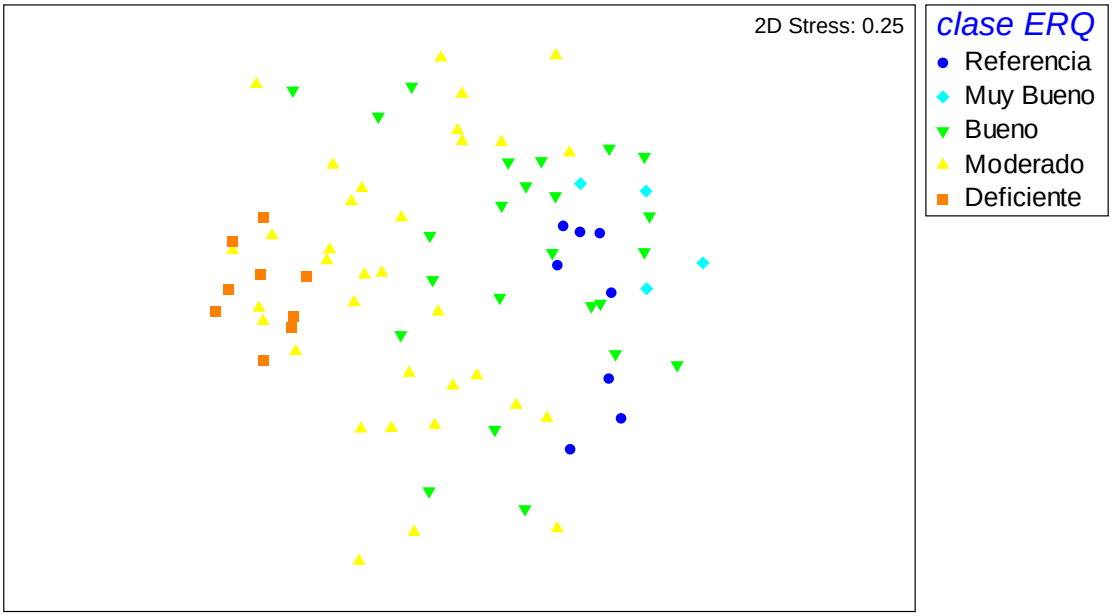



Figura 2.28. Ordenación MDS de las comunidades de invertebrados de las todas las muestras incluidas en el tipo Oligohalino. Las clases de estado ecológico son las correspondientes a la tabla 2.28.

| ID | campaña | %Gen Ref Oligo | Herpetocypris Daphnia | Diptera | Polychatea | % Gastropoda | H Margalef | MM | EQR | Clase |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ME20ZH02Ver06 | Ver06 | 1.44 | 1.27 | 0.98 | 1.00 | 1.01 | 0.89 | 6.579 | 0.943 | REFERENCIA |
| ME20ZH02wer05 | wer05 | 1.23 | 1.12 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.08 | 6.411 | 0.919 | REFERENCIA |
| ME20ZH02Pri06 | Pri06 | 1.05 | 1.42 | 0.74 | 1.00 | 1.01 | 0.78 | 5.988 | 0.858 | REFERENCIA |
| ME20ZH02Oto05 | Oto05 | 0.95 | 1.39 | 1.09 | 1.00 | 1.01 | 0.59 | 6.027 | 0.864 | REFERENCIA |
| ME09ZH01Pri06 | Pri06 | 1.12 | 0.00 | 1.08 | 1.00 | 1.00 | 1.11 | 5.309 | 0.761 | REFERENCIA |
| ME09ZH01Oto05 | Oto05 | 0.32 | 0.88 | 0.70 | 1.00 | 0.93 | 0.92 | 4.753 | 0.681 | REFERENCIA |
| ME09ZH01Ver06 | Ver06 | 0.22 | 0.00 | 1.02 | 1.00 | 0.99 | 1.70 | 4.937 | 0.707 | REFERENCIA |
| ME09ZH01wer05 | wer05 | 0.52 | 0.00 | 1.23 | 1.00 | 0.99 | 1.20 | 4.944 | 0.708 | REFERENCIA |
| ME13ZH02wer05 | wer05 | 1.31 | 1.47 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.24 | 6.979 | 1.000 | MUY BUENO |
| ME17Ver06 | Ver06 | 1.22 | 0.95 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 1.56 | 6.852 | 0.982 | MUY BUENO |
| ME17Pri06 | Pri06 | 0.99 | 0.00 | 0.83 | 1.00 | 0.99 | 2.02 | 5.828 | 0.835 | MUY BUENO |
| ME04Ver06 | Ver06 | 0.24 | 0.84 | 1.05 | 1.00 | 0.73 | 1.85 | 5.711 | 0.818 | MUY BUENO |
| MA01ZH02Pri06 | Pri06 | 0.47 | 1.13 | 1.05 | 1.00 | 0.43 | 1.38 | 5.463 | 0.783 | BUENO |
| ME05ZR05Pri06 | Pri06 | 0.60 | 0.00 | 0.71 | 1.00 | 0.99 | 1.97 | 5.266 | 0.755 | BUENO |
| ME10Ver06 | Ver06 | 0.37 | 0.00 | 0.77 | 1.00 | 0.98 | 1.99 | 5.109 | 0.732 | BUENO |
| ME17wer05 | wer05 | 0.55 | 0.00 | 0.76 | 1.00 | 0.90 | 1.89 | 5.103 | 0.731 | BUENO |
| ME17Oto05 | Oto05 | 0.74 | 0.00 | 0.72 | 1.00 | 0.99 | 1.61 | 5.063 | 0.725 | BUENO |
| ME05ZR05Ver06 | Ver06 | 1.08 | 0.00 | 1.20 | 1.00 | 0.77 | 0.93 | 4.987 | 0.715 | BUENO |
| ME13ZH03Ver06 | Ver06 | 0.70 | 0.00 | 1.24 | 1.00 | 0.99 | 1.06 | 4.983 | 0.714 | BUENO |
| ME11ZH06Oto05 | Oto05 | 0.04 | 0.00 | 0.51 | 0.80 | 1.00 | 2.63 | 4.973 | 0.713 | BUENO |
| ME13ZH03Pri06 | Pri06 | 0.52 | 0.00 | 0.91 | 1.00 | 0.98 | 1.50 | 4.898 | 0.702 | BUENO |
| MA21Pri06 | Pri06 | 0.14 | 1.04 | 0.78 | 1.00 | 1.01 | 0.90 | 4.863 | 0.697 | BUENO |
| ME13ZH03wer05 | wer05 | 0.05 | 0.00 | 1.10 | 1.00 | 1.01 | 1.60 | 4.753 | 0.681 | BUENO |
| ME13ZH02Pri06 | Pri06 | 0.28 | 0.00 | 0.81 | 1.00 | 0.94 | 1.65 | 4.679 | 0.670 | BUENO |
| ME05ZR05Oto05 | Oto05 | 1.14 | 0.00 | 0.56 | 1.00 | 0.99 | 0.95 | 4.637 | 0.664 | BUENO |
| ME13ZH02Ver06 | Ver06 | 0.21 | 0.00 | 1.06 | 1.00 | 1.00 | 1.34 | 4.611 | 0.661 | BUENO |
| ME13ZH02Oto05 | Oto05 | 0.70 | 0.00 | 0.69 | 1.00 | 1.00 | 1.09 | 4.483 | 0.642 | BUENO |
| MA01ZR13Pri06 | Pri06 | 0.06 | 0.00 | 0.84 | 1.00 | 0.99 | 1.60 | 4.478 | 0.642 | BUENO |
| MA09ZH01Oto05 | Oto05 | 0.41 | 0.00 | 0.72 | 1.00 | 0.89 | 1.44 | 4.465 | 0.640 | BUENO |
| MA01ZR03Pri06 | Pri06 | 0.10 | 0.00 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.27 | 4.407 | 0.631 | BUENO |
| MA01ZR03Oto05 | Oto05 | 0.15 | 0.00 | 1.03 | 1.00 | 0.99 | 1.15 | 4.328 | 0.620 | BUENO |
| MA01ZR13wer05 | wer05 | 0.16 | 0.00 | 1.10 | 0.91 | 0.94 | 1.15 | 4.264 | 0.611 | BUENO |
| ME13ZH03Oto05 | Oto05 | 0.34 | 0.00 | 0.86 | 1.00 | 0.83 | 1.21 | 4.246 | 0.608 | BUENO |
| ME10Oto05 | Oto05 | 0.05 | 0.00 | 0.61 | 0.83 | 0.97 | 1.78 | 4.237 | 0.607 | BUENO |
| MA21Oto05 | Oto05 | 0.01 | 0.00 | 1.05 | 1.00 | 1.01 | 1.16 | 4.231 | 0.606 | BUENO |
| ME05ZR05wer05 | wer05 | 0.09 | 0.00 | 1.22 | 1.00 | 1.01 | 0.88 | 4.195 | 0.601 | BUENO |
| MA09ZH01Pri06 | Pri06 | 0.57 | 0.00 | 0.68 | 1.00 | 0.69 | 1.22 | 4.171 | 0.598 | MODERADO |
| MA01ZR13Oto05 | Oto05 | 0.06 | 0.00 | 1.03 | 1.00 | 0.98 | 1.10 | 4.162 | 0.596 | MODERADO |
| MA09ZH01wer05 | wer05 | 0.02 | 0.00 | 1.28 | 1.00 | 0.99 | 0.85 | 4.147 | 0.594 | MODERADO |
| ME11ZH07Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.14 | 4.132 | 0.592 | MODERADO |
| ME11ZH07Pri06 | Pri06 | 0.18 | 0.00 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 0.92 | 4.095 | 0.587 | MODERADO |
| ME11ZH07wer05 | wer05 | 0.00 | 0.00 | 1.07 | 1.00 | 1.01 | 0.97 | 4.039 | 0.579 | MODERADO |
| ME04Oto05 | Oto05 | 0.11 | 0.00 | 0.64 | 1.00 | 0.87 | 1.41 | 4.024 | 0.577 | MODERADO |
| MA06wer05 | wer05 | 0.18 | 0.00 | 1.14 | 0.91 | 0.99 | 0.75 | 3.980 | 0.570 | MODERADO |
| ME11ZH07Oto05 | Oto05 | 0.12 | 0.00 | 0.79 | 1.00 | 0.93 | 1.11 | 3.960 | 0.567 | MODERADO |
| MA09ZH01Ver06 | Ver06 | 0.08 | 0.00 | 1.12 | 1.00 | 0.97 | 0.69 | 3.859 | 0.553 | MODERADO |
| MA01ZR11Pri06 | Pri06 | 0.02 | 0.00 | 0.62 | 0.61 | 1.01 | 1.61 | 3.857 | 0.553 | MODERADO |
| MA01ZR03wer05 | wer05 | 0.07 | 0.00 | 0.97 | 1.00 | 0.80 | 1.02 | 3.850 | 0.552 | MODERADO |
| ME04Pri06 | Pri06 | 0.11 | 0.00 | 0.61 | 1.00 | 0.65 | 1.47 | 3.841 | 0.550 | MODERADO |
| ME04wer05 | wer05 | 0.12 | 0.00 | 0.92 | 1.00 | 0.55 | 1.22 | 3.812 | 0.546 | MODERADO |
| ME10Pri06 | Pri06 | 0.09 | 0.00 | 0.96 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 3.804 | 0.545 | MODERADO |
| ME06Oto05 | Oto05 | 0.02 | 0.00 | 0.74 | 1.00 | 0.93 | 1.11 | 3.795 | 0.544 | MODERADO |
| FO01Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 1.01 | 1.00 | 0.67 | 1.10 | 3.789 | 0.543 | MODERADO |
| MA01ZR13Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.84 | 1.00 | 0.98 | 0.94 | 3.765 | 0.539 | MODERADO |
| MA01ZH02Ver06 | Ver06 | 0.04 | 0.00 | 0.90 | 1.00 | 0.71 | 1.10 | 3.764 | 0.539 | MODERADO |
| FO01Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.00 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 0.55 | 3.715 | 0.532 | MODERADO |
| MA01ZR03Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.79 | 1.00 | 1.01 | 0.89 | 3.684 | 0.528 | MODERADO |
| FO01wer05 | wer05 | 0.00 | 0.00 | 1.13 | 1.00 | 1.01 | 0.54 | 3.683 | 0.528 | MODERADO |
| FO01Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.00 | 1.34 | 1.00 | 0.92 | 0.41 | 3.669 | 0.526 | MODERADO |
| MA01ZR11wer05 | wer05 | 0.01 | 0.00 | 0.93 | 0.86 | 1.00 | 0.84 | 3.645 | 0.522 | MODERADO |
| MA21Ver06 | Ver06 | 0.21 | 1.04 | 0.00 | 1.00 | 1.01 | 0.29 | 3.551 | 0.509 | MODERADO |
| ME10wer05 | wer05 | 0.04 | 0.00 | 0.86 | 0.37 | 1.00 | 1.16 | 3.426 | 0.491 | MODERADO |
| MA01ZH02Oto05 | Oto05 | 0.02 | 0.00 | 1.08 | 1.00 | 0.53 | 0.79 | 3.422 | 0.490 | MODERADO |
| MA06Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.00 | 0.89 | 0.41 | 0.93 | 1.13 | 3.362 | 0.482 | MODERADO |
| ME11ZH06Pri06 | Pri06 | 0.04 | 0.00 | 0.55 | 0.38 | 0.69 | 1.67 | 3.328 | 0.477 | MODERADO |
| MA06Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 0.31 | 0.91 | 1.11 | 3.239 | 0.464 | MODERADO |
| MA01ZH02wer05 | wer05 | 0.13 | 0.00 | 0.80 | 0.19 | 0.73 | 1.33 | 3.195 | 0.458 | MODERADO |
| MA01ZR11Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.76 | 0.97 | 0.59 | 2.842 | 0.407 | MODERADO |
| MA06Oto05 | Oto05 | 0.04 | 0.00 | 0.49 | 1.00 | 0.76 | 0.52 | 2.806 | 0.402 | MODERADO |
| MA04ZR02Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.52 | 0.61 | 0.06 | 1.00 | 0.60 | 2.791 | 0.400 | MODERADO |
| ME06Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.63 | 0.55 | 0.75 | 0.59 | 2.524 | 0.362 | DEFCIENTE |
| MA04ZR02Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.00 | 0.53 | 0.32 | 0.99 | 0.67 | 2.506 | 0.359 | DEFCIENTE |
| MA04ZR02wer05 | wer05 | 0.00 | 0.00 | 1.03 | 0.08 | 0.87 | 0.47 | 2.448 | 0.351 | DEFCIENTE |
| MA04ZR02Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.83 | 0.24 | 0.89 | 0.43 | 2.389 | 0.342 | DEFCIENTE |
| ME11ZH06wer05 | wer05 | 0.03 | 0.00 | 0.68 | 0.17 | 0.89 | 0.54 | 2.311 | 0.331 | DEFCIENTE |
| ME06wer05 | wer05 | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 0.00 | 0.87 | 0.55 | 2.197 | 0.315 | DEFCIENTE |
| ME06Pri06 | Pri06 | 0.02 | 0.00 | 0.60 | 0.07 | 0.65 | 0.70 | 2.045 | 0.293 | DEFCIENTE |
| ME11ZH06Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 0.74 | 0.17 | 0.40 | 0.63 | 1.939 | 0.278 | DEFCIENTE |
| MA01ZR11Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.97 | 0.60 | 1.577 | 0.226 | DEFCIENTE |

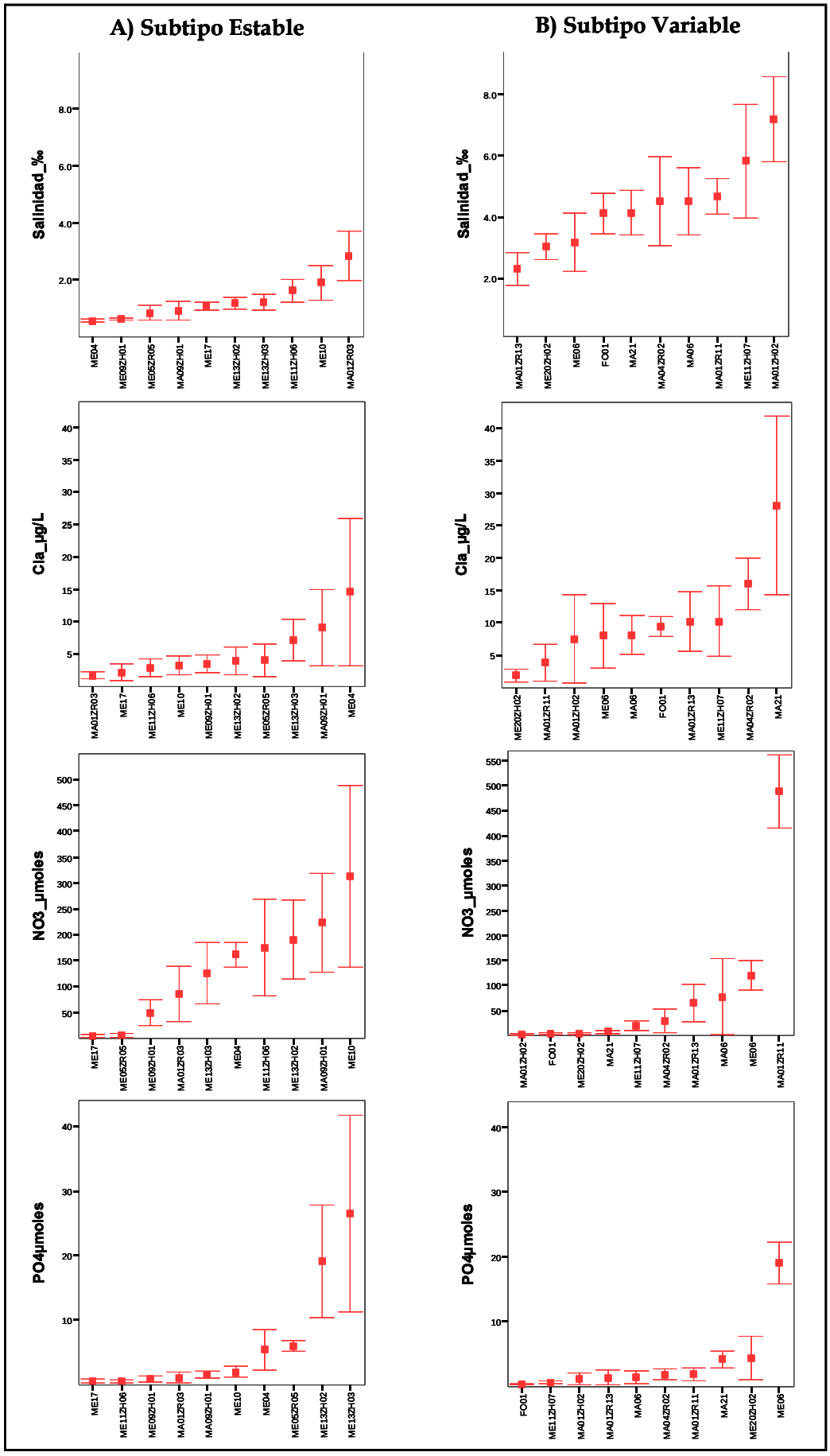
Tabla 2.28. Valor del EQR-INVHMIB obtenido para cada muestra. (ID=identificador; % Gen Ref Oligo= porcentaje de los géneros presentes en referencia; Herpetocypris Daphnia= suma de las abundancias de Daphnia (Ctenodapnia) sp. y Herpetocypris sp.; H Margalef= diversidad de Margalef; MM=multimétrico; Las muestras aparecen ordenadas en orden descendente en función del EQR-INVHMIB.

***Fitoplancton.-*** A efectos de reducir la variabilidad natural inherente en los tipos de humedales definidos en base a los cortes de salinidad propuestos (Apartado 2.6.1.2), y así reducir la elevada variabilidad presente en la estima de la clorofila y composición del fitoplancton, los 3 tipos de salinidad se subdividieron (sólo a efectos del cálculo de los multimétricos) según la media y el rango de variación de salinidad del tipo. Así se diferencian dentro de cada tipo, 2 subtipos, uno de salinidad media y rango menor (mas estable), y otro de salinidad media y rango mayor (variable). Por ello, para el análisis del fitoplancton por tipo que se inicia a continuación, se suministra información sobre la subdivisión considerada para cada tipo, en dos subtipos estable y variable, a partir de los cuales se han elaborado los multimétricos. Cada subtipo está al menos caracterizado por las muestras de un humedal de referencia (Tabla 2.29), y se suministra indicación de la variabilidad inherente de los valores de salinidad, Cl-*a* y nutrientes encontrados en los mismos (Fig. 2.29).

| ID_Humedal | Subtipo Salinidad | Referencia | Conductividad | | | Salinidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Media | EE | Rango | Media | EE | Rango |
| **ME09ZH01** | estable | **si** | 1344,2 | 58,8 | 187,5 | **0,6** | 0,0 | **0,2** |
| **ME17** | estable | | 1983,7 | 82,3 | 285,0 | **1,0** | 0,1 | **0,3** |
| **ME13ZH03** | estable | | 2037,8 | 262,9 | 836,5 | **0,9** | 0,0 | **0,1** |
| **ME13ZH02** | estable | | 2541,5 | 332,3 | 1150,5 | **1,2** | 0,3 | **0,9** |
| **ME11ZH06** | estable | | 2441,7 | 577,8 | 1860,0 | **1,3** | 0,4 | **1,1** |
| **ME10** | estable | | 2775,0 | 172,9 | 590,0 | **1,3** | 0,2 | **0,5** |
| **ME05ZR05** | estable | | 1485,3 | 585,5 | 1804,0 | **0,8** | 0,4 | **1,1** |
| **ME04** | estable | | 1187,0 | 56,5 | 170,0 | **0,5** | 0,1 | **0,2** |
| **MA09ZH01** | estable | | 1996,7 | 858,2 | 2815,0 | **1,0** | 0,5 | **1,5** |
| **MA01ZR03** | estable | | 3775,0 | 267,8 | 900,0 | **2,0** | 0,1 | **0,4** |
| **ME20ZH02** | variable | **si** | 6550,0 | 443,2 | 1535,0 | **3,2** | 0,5 | **1,8** |
| **ME06** | variable | | 5103,3 | 1529,3 | 4790,0 | **2,5** | 0,9 | **3,2** |
| **MA01ZR13** | variable | | 4526,7 | 885,1 | 2815,0 | **2,5** | 0,7 | **2,2** |
| **FO01** | variable | | 7250,0 | 1649,6 | 5475,0 | **3,7** | 0,7 | **2,3** |
| **MA04ZR02** | variable | | 6913,3 | 2710,9 | 8695,0 | **3,9** | 1,8 | **5,6** |
| **MA21** | variable | | 7811,7 | 1184,8 | 4005,0 | **4,2** | 0,7 | **2,5** |
| **MA01ZR11** | variable | | 8098,3 | 906,8 | 2750,0 | **4,5** | 0,8 | **2,5** |
| **MA06** | variable | | 8563,3 | 2724,2 | 8710,0 | **4,5** | 1,6 | **4,8** |
| **ME11ZH07** | variable | | 9671,7 | 3508,4 | 11245,0 | **4,9** | 2,3 | **7,0** |
| **MA01ZH02** | variable | | 12393,3 | 2729,1 | 8890,0 | **6,6** | 1,7 | **5,5** |

Tabla 2.29. Subtipos de salinidad (estable y variable) según el valor medio y el rango de variabilidad anual de la salinidad y conductividad eléctrica para el tipo oligohalino.

Figura 2.29. (Pág. siguiente) Valores medios y error típico de la media para distintas variables medioambientales en función de los subtipos definidos para las masas de agua del tipo oligohalino: A) subtipo estable, menor variabilidad en la salinidad; B) subtipo variable, menor variabilidad en la salinidad.


A) Subtipo Estable
B) Subtipo Variable
Salinidad_‰
Cla_µg/L
NO3_µmoles
PO4µmoles

***Multimétrico FITOHMIB:*** Para el cálculo del FITOHMIB del tipo Oligohalino se seleccionaron 2 métricos que cumplen los requerimientos normativos especificados por la DMA (anexo V, punto 1.2.3): biomasa fitoplanctónica expresada como Cl-*a* y composición (porcentaje de Cianofíceas) (Tabla 2.30).

| Tipo de métrico | Métrico Mesohalino |
|---|---|
| Biomasa | Clorofila a |
| Composición | % Cianoficeas |

Tabla 2.30. Relación de métricos seleccionados para la elaboración del MIB del tipo Oligohalino

Como cabría esperar, el valor de los métricos individuales se correlacionó positivamente con el valor de EQR-FITOHMIB obtenido (Tabla 2.31). Para estudiar la respuesta a la presión del MIB obtenido como indicador biológico, se hicieron correlaciones entre los valores de los métricos individuales y el valor del EQR-FITOHMIB con los ejes de presión identificados previamente (Tabla 2.31).

| | Grad Trofico1 | Grad Trofico2 | Grad Trofico3 | media Grad Trofico1 | media Grad Trofico2 | media Grad Trofico3 | Grad General1 | Grad General2 | Grad General3 | media Grad General1 | media Grad General 2 | media Grad General 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **EQR** | 0.28 | -0.44 | 0.38 | -0.23 | ns | ns | -0.35 | ns | 0.40 | -0.33 | ns | ns |
| **Clh-*a*** | -0.45 | 0.56 | -0.40 | 0.23 | ns | ns | 0.47 | ns | -0.53 | 0.30 | ns | ns |
| **Cyanobacteria (%)** | ns | ns | ns | ns | -0.26 | ns | ns | ns | ns | 0.24 | ns | ns |
| **Oscillatoriales %** | ns | -0.23 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | -0.35 | ns |
| **Grad Trofico1** | - | ns | ns | ns | 0.47 | ns | -0.74 | -0.64 | ns | -0.27 | 0.30 | ns |
| **Grad Trofico2** | ns | - | ns | 0.61 | ns | ns | ns | ns | -0.95 | 0.25 | 0.55 | -0.27 |
| **media Grad Trofico1** | ns | 0.61 | ns | - | ns | ns | ns | ns | -0.56 | 0.58 | 0.76 | -0.35 |
| **media Grad Trofico2** | 0.47 | ns | ns | ns | - | ns | -0.39 | ns | ns | -0.58 | 0.65 | 0.23 |
| **Grad General1** | -0.74 | ns | ns | ns | -0.39 | ns | - | ns | ns | 0.32 | ns | 0.24 |
| **Grad General2** | -0.64 | ns | 0.44 | ns | ns | ns | ns | - | ns | ns | ns | -0.30 |
| **Grad General3** | ns | -0.95 | ns | -0.56 | ns | ns | ns | ns | - | ns | -0.54 | 0.30 |
| **media Grad General1** | -0.27 | 0.25 | ns | 0.58 | -0.58 | ns | 0.32 | ns | ns | - | ns | ns |
| **media Grad General 2** | 0.30 | 0.55 | ns | 0.76 | 0.65 | ns | ns | ns | -0.54 | ns | - | ns |

Tabla 2.31. Tabla de correlación ente EQR-FITOHMIB, los métricos utilizados para su cálculo y los gradientes de presión generados con el PCA para el tipo Oligohalino (ver texto). GradTrofico= Gradiente trófico por campañas; mediaGradTrofico= Gradiente trófico por medias; GradGenal =Gradiente General por campañas; mediaGradgenrl= Gradiente general por medias. Los números indican los ejes extraídos con el PCA. Se muestra el valor del coeficiente de correlación (*Rho Spearman*) obtenido entre dos variables. ns = correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

El valor del EQR-FITOHMIB obtenido se correlaciona significativamente con muchos de los ejes de presión identificados (Tabla 2.31). Se observa que la clorofila *a* es el que tiene una mayor correlación con estos gradientes, mostrando una mayor sensibilidad cuando se trabajó con los ejes tróficos con réplicas. (Tabla 2.31).

Una vez comprobada la respuesta de los indicadores que componen el EQR-FITOHMIB para el tipo Oligohalino, así como los cortes correspondientes a cada clase de estado ecológico (ver metodología seguida para el establecimiento de clases de estado en el apartado 2.5), se puede observar el cambio que se produce en la composición de las aguas según las clases de estado derivadas del EQR-FITOHMIB obtenido, lo que afirma su funcionamiento como indicador de degradación general/trófica (Fig. 2.30). En particular, se muestra la relación entre el EQR-FITOHMIB y sus clases y el gradiente trófico obtenido con las réplicas (eje II del PCA, GradTrofico2), que había sido identificado como un gradiente de disponibilidad trófica (ver apartado 2.6.4.2.2), a pesar de que como se vio anteriormente también se encuentra relacionado con los gradientes tróficos, I y II, entre otros (Tabla 2.31).

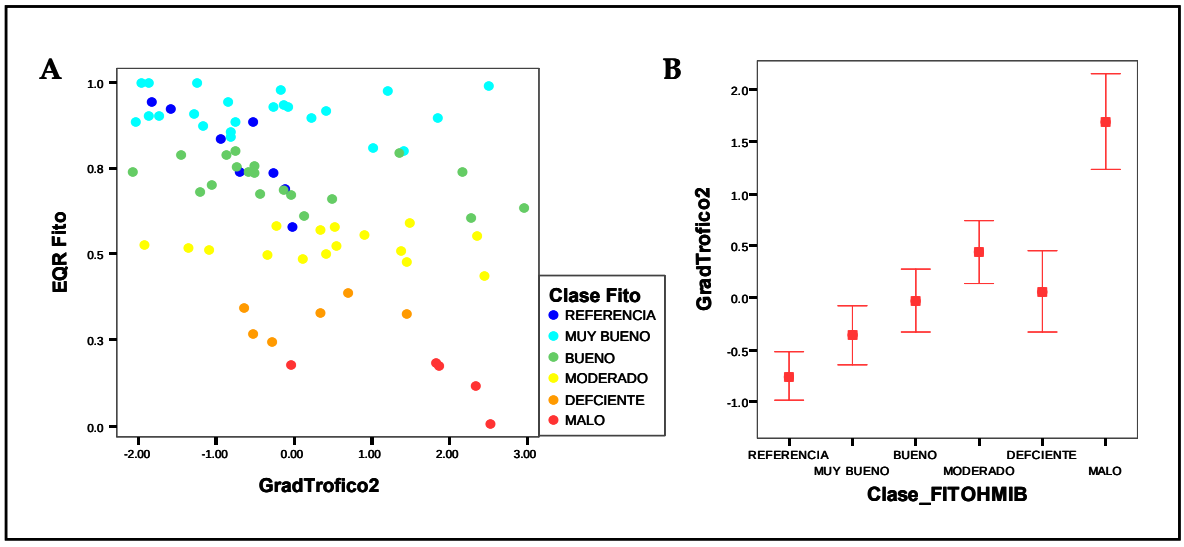



Figura 2.30. Correspondencia entre el gradiente de presión trófico obtenido con las réplicas (GradTrofico2) en función de las clases de estado obtenidas para el tipo Oligohalino. La figura muestra: A) diagrama de dispersión entre el valor del EQR-FITOHMIB y el valor del gradiente obtenido en cada punto; B) Barras de error de valor promedio del gradiente obtenido en función de las clases de estado.

El cambio que se produce en las clases del EQR-FITOHMIB se refleja en un cambio en las condiciones físico-químicas (Fig. 2.31, Tabla 2.32) entre las 5 clases de estado identificadas.

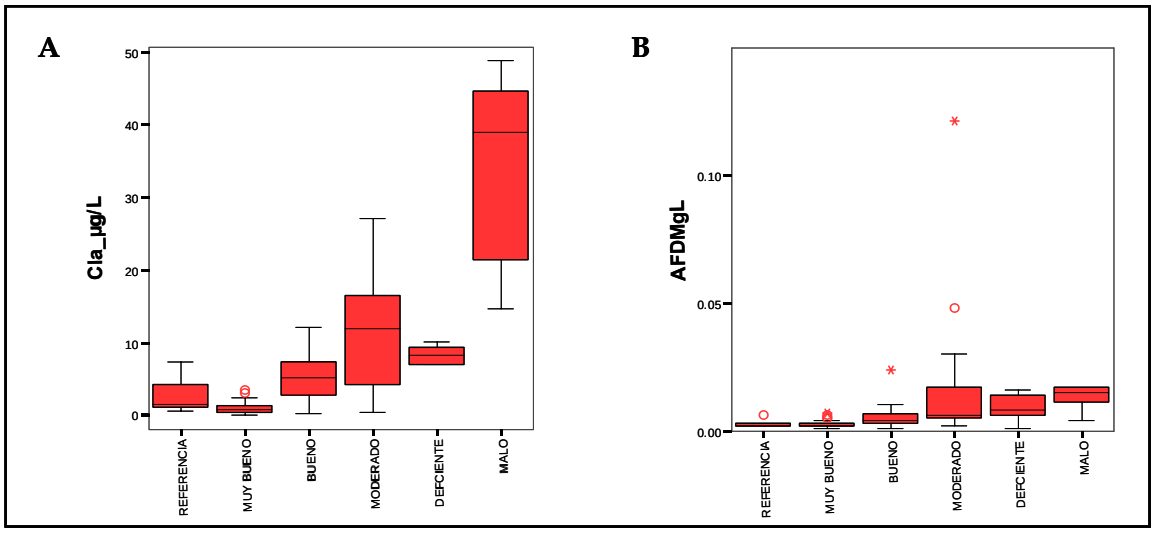



Figura 2.31. La figura muestra los diagramas de caja por clase para las variables de biomasa fitoplanctónica en forma de Cl-*a* (A) y AFDM (B), ambas variables seleccionadas por su mayor correlación con el EQR-FITOHMIB. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

| Varibale | | Clase EQR Fitoplancton | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Referencia | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| S_mgL | Mediana | 38.999 | 37.300 | 72.998 | 90.763 | 77.225 | 86.150 |
| | Media | 61.301 | 57.935 | 84.195 | 119.557 | 121.258 | 86.700 |
| | EE | 21.063 | 10.661 | 12.309 | 22.800 | 44.181 | 21.850 |
| Fe_mgL | Mediana | 0.152 | 0.150 | 0.067 | 0.034 | 0.150 | 0.018 |
| | Media | 0.235 | 0.276 | 0.140 | 0.154 | 0.244 | 0.124 |
| | EE | 0.076 | 0.044 | 0.040 | 0.050 | 0.084 | 0.096 |
| Temp_ºC | Mediana | 17.125 | 13.500 | 23.425 | 19.750 | 16.825 | 24.300 |
| | Media | 16.434 | 15.637 | 21.594 | 19.566 | 18.625 | 20.380 |
| | EE | 2.018 | 1.207 | 1.361 | 1.590 | 3.033 | 2.971 |
| Cla_µg/L | Mediana | 1.492 | 0.748 | 5.192 | 12.734 | 8.779 | 38.919 |
| | Media | 2.710 | 1.005 | 5.160 | 12.789 | 11.604 | 33.693 |
| | EE | 0.846 | 0.192 | 0.798 | 2.228 | 3.279 | 6.673 |
| AFDMgL | Mediana | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.009 | 0.010 | 0.015 |
| | Media | 0.003 | 0.003 | 0.006 | 0.020 | 0.010 | 0.013 |
| | EE | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.007 | 0.002 | 0.002 |

Tabla 2.32. Tabla resumen de del valor de aquellas variables medioambientales más correlacionadas con los valores de EQR-FITOHMIB obtenidos para cada muestra. Se muestran los valores medios, error típico de la media (EE, error estándar) y mediana para cada una de las 6 clases de estado definidas con el valor de EQR-FITOHMIB obtenido.

En cuanto a los dos métricos seleccionados, se observa que presentan una buena eficiencia discriminatoria entre clases de estado (Fig. 2.32).

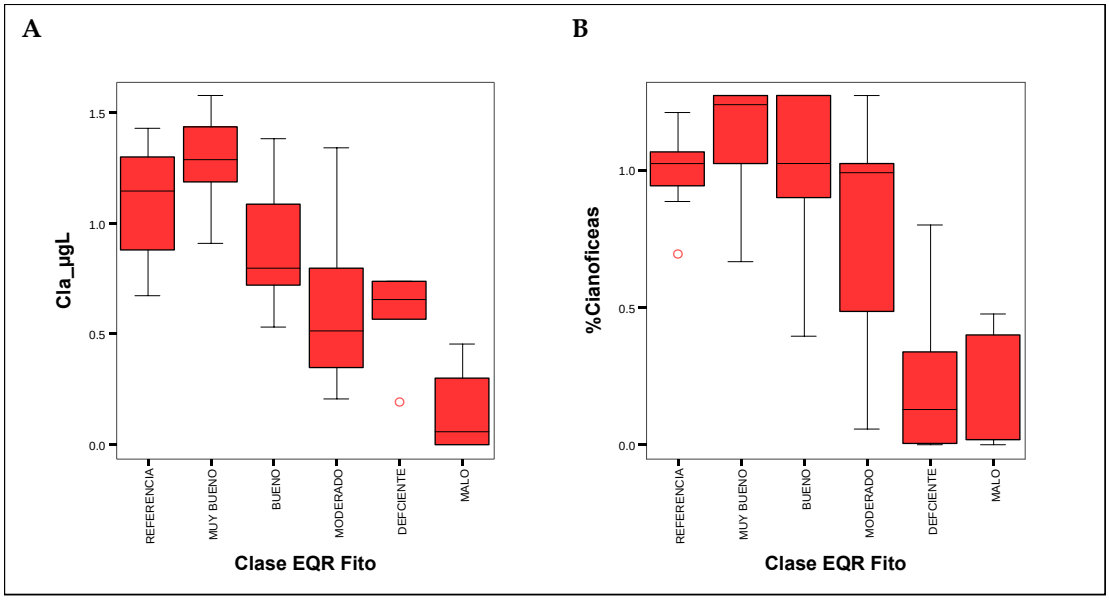



Figura 2.32. Cambio que se produce en el valor de los métricos individuales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para dos métricos indicadores: A) biomasa fitoplantócnica en forma de clorofila *a*, y B) porcentaje de Cianofíceas. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

Para comprobar si las clases del estado ecológico que han sido definidas por el EQR-FITOHMIB se corresponden con la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton. Se ha realizado una ordenación MDS con todas las muestras incluidas en este tipo (Figura 2.33), adjudicándosele a cada muestra la clase en la que ha sido incluida según nuestro métrico (Tabla 2.33). En la ordenación se constata la elevada variación que muestra la ordenación de las clases, por ejemplos muestras cercanas presentan clases distintas, con la excepción de las más alejadas del centro de la ordenación que están en peor estado. Esto es debido a la alta estacionalidad de la composición fitoplanctónica de las muestras (ordenación a nivel de género).

Los análisis realizados apuntan a la necesidad de utilizar categorías de identificación más amplias que las de género/especie, dada la elevada variación estacional del fitoplancton, e incluso de los propios niveles de Cl-*a*, como se ha realizado en el presente convenio. Aunque

no se descarta la mejora de los métricos del fitoplancton cuando se aumente en un futuro la base de datos.

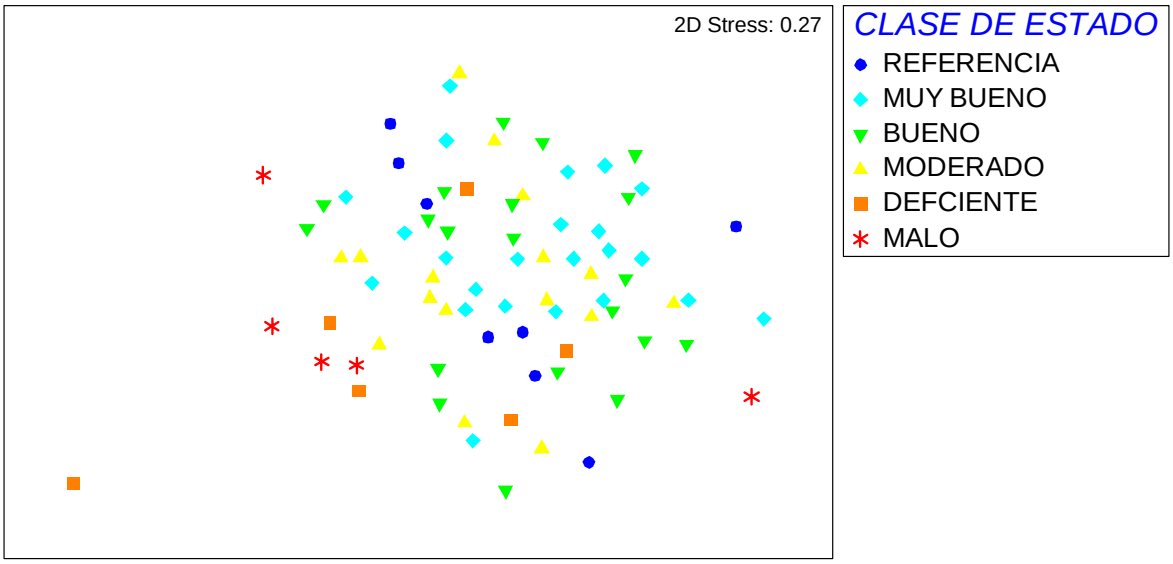



Figura 2.33. Ordenación MDS de las comunidades de fitoplancton a nivel de género de las todas las muestras incluidas en el tipo Oligohalino. Las clases de estado ecológico son las correspondientes a la Tabla 2.33.

| ID | % Cianoficeas | Cla_µgL | MM | EQR | Clase |
|---|---|---|---|---|---|
| ME20ZH02-Oto05 | 1.003 | 1.428 | 2.430 | 0.944 | REFERENCIA |
| ME20ZH02-Ver06 | 1.020 | 1.350 | 2.370 | 0.921 | REFERENCIA |
| ME20ZH02-wer05 | 1.027 | 1.252 | 2.279 | 0.885 | REFERENCIA |
| ME09ZH01-Oto05 | 1.112 | 1.168 | 2.280 | 0.837 | REFERENCIA |
| ME20ZH02-Pri06 | 1.027 | 0.877 | 1.904 | 0.740 | REFERENCIA |
| ME09ZH01-Pri06 | 0.888 | 1.116 | 2.004 | 0.736 | REFERENCIA |
| ME09ZH01-Ver06 | 1.211 | 0.673 | 1.884 | 0.692 | REFERENCIA |
| ME09ZH01-wer05 | 0.695 | 0.884 | 1.579 | 0.580 | REFERENCIA |
| ME11ZH06-Oto05 | 1.273 | 1.451 | 2.724 | 1.000 | MUY BUENO |
| ME11ZH07-Oto05 | 1.03 | 1.55 | 2.574 | 1.000 | MUY BUENO |
| MA01ZR11-wer05 | 1.03 | 1.54 | 2.570 | 0.999 | MUY BUENO |
| ME06-Oto05 | 1.03 | 1.52 | 2.546 | 0.989 | MUY BUENO |
| MA09ZH01-Pri06 | 1.253 | 1.410 | 2.664 | 0.978 | MUY BUENO |
| ME06-Pri06 | 1.03 | 1.48 | 2.507 | 0.974 | MUY BUENO |
| MA01ZH02-Pri06 | 1.02 | 1.41 | 2.432 | 0.945 | MUY BUENO |
| ME05ZR05-Pri06 | 1.257 | 1.288 | 2.545 | 0.934 | MUY BUENO |
| ME13ZH02-Oto05 | 1.273 | 1.263 | 2.536 | 0.931 | MUY BUENO |
| MA21-Pri06 | 1.03 | 1.36 | 2.391 | 0.929 | MUY BUENO |
| MA01ZR11-Oto05 | 0.99 | 1.37 | 2.361 | 0.917 | MUY BUENO |
| ME10-Pri06 | 1.273 | 1.196 | 2.468 | 0.906 | MUY BUENO |
| MA01ZR03-Oto05 | 1.273 | 1.189 | 2.462 | 0.904 | MUY BUENO |
| ME17-wer05 | 1.171 | 1.286 | 2.457 | 0.902 | MUY BUENO |
| ME13ZH02-wer05 | 1.273 | 1.168 | 2.441 | 0.896 | MUY BUENO |
| MA01ZR03-Ver06 | 1.245 | 1.190 | 2.435 | 0.894 | MUY BUENO |
| ME11ZH06-Pri06 | 1.232 | 1.179 | 2.410 | 0.885 | MUY BUENO |
| MA01ZR13-Oto05 | 0.88 | 1.39 | 2.277 | 0.885 | MUY BUENO |
| MA01ZH02-Oto05 | 0.67 | 1.57 | 2.245 | 0.872 | MUY BUENO |
| ME17-Pri06 | 1.238 | 1.090 | 2.328 | 0.855 | MUY BUENO |
| ME04-wer05 | 1.264 | 1.019 | 2.283 | 0.838 | MUY BUENO |
| ME05ZR05-Oto05 | 1.273 | 0.930 | 2.203 | 0.809 | MUY BUENO |
| ME13ZH03-wer05 | 1.273 | 0.907 | 2.180 | 0.800 | MUY BUENO |
| ME05ZR05-wer05 | 0.970 | 1.208 | 2.177 | 0.799 | BUENO |
| MA01ZR03-wer05 | 1.254 | 0.918 | 2.171 | 0.797 | BUENO |
| ME13ZH02-Ver06 | 1.273 | 0.897 | 2.170 | 0.797 | BUENO |
| MA01ZH02-wer05 | 0.80 | 1.23 | 2.029 | 0.788 | BUENO |
| ME04-Oto05 | 1.175 | 0.940 | 2.115 | 0.776 | BUENO |
| ME11ZH06-wer05 | 1.273 | 0.787 | 2.060 | 0.756 | BUENO |
| ME11ZH06-Ver06 | 1.273 | 0.785 | 2.058 | 0.756 | BUENO |
| ME13ZH03-Ver06 | 1.273 | 0.744 | 2.017 | 0.740 | BUENO |
| MA01ZR03-Pri06 | 0.838 | 1.179 | 2.017 | 0.740 | BUENO |
| ME17-Oto05 | 0.636 | 1.379 | 2.015 | 0.740 | BUENO |
| ME10-Ver06 | 1.273 | 0.732 | 2.004 | 0.736 | BUENO |
| MA01ZR13-wer05 | 1.00 | 0.81 | 1.810 | 0.703 | BUENO |
| MA09ZH01-wer05 | 1.273 | 0.595 | 1.867 | 0.686 | BUENO |
| MA06-wer05 | 0.39 | 1.36 | 1.751 | 0.681 | BUENO |
| FO01-Ver06 | 1.00 | 0.74 | 1.743 | 0.677 | BUENO |
| ME11ZH07-Pri06 | 1.03 | 0.71 | 1.735 | 0.674 | BUENO |
| ME05ZR05-Ver06 | 1.273 | 0.530 | 1.802 | 0.662 | BUENO |
| ME06-wer05 | 1.03 | 0.60 | 1.632 | 0.634 | BUENO |
| ME13ZH03-Oto05 | 0.675 | 0.989 | 1.664 | 0.611 | BUENO |
| MA01ZR11-Pri06 | 1.02 | 0.53 | 1.553 | 0.603 | BUENO |
| MA01ZR13-Ver06 | 1.00 | 0.51 | 1.515 | 0.589 | MODERADO |
| FO01-Oto05 | 0.99 | 0.51 | 1.497 | 0.582 | MODERADO |
| MA04ZR02-Ver06 | 1.02 | 0.47 | 1.488 | 0.578 | MODERADO |
| MA06-Ver06 | 1.03 | 0.44 | 1.468 | 0.570 | MODERADO |
| ME13ZH03-Pri06 | 1.120 | 0.395 | 1.515 | 0.556 | MODERADO |
| MA09ZH01-Ver06 | 1.273 | 0.234 | 1.507 | 0.553 | MODERADO |
| ME17-Ver06 | 0.702 | 0.737 | 1.439 | 0.529 | MODERADO |
| MA09ZH01-Oto05 | 0.223 | 1.201 | 1.425 | 0.523 | MODERADO |
| ME11ZH07-Ver06 | 0.63 | 0.71 | 1.342 | 0.521 | MODERADO |
| ME10-Oto05 | 0.055 | 1.339 | 1.394 | 0.512 | MODERADO |
| FO01-wer05 | 0.74 | 0.56 | 1.305 | 0.507 | MODERADO |
| MA01ZR13-Pri06 | 1.00 | 0.29 | 1.293 | 0.502 | MODERADO |
| MA01ZR11-Ver06 | 0.18 | 1.10 | 1.282 | 0.498 | MODERADO |
| ME11ZH07-wer05 | 1.03 | 0.23 | 1.254 | 0.487 | MODERADO |
| MA04ZR02-wer05 | 1.03 | 0.21 | 1.234 | 0.480 | MODERADO |
| ME04-Pri06 | 0.346 | 0.851 | 1.197 | 0.439 | MODERADO |
| MA01ZH02-Ver06 | 0.80 | 0.20 | 0.997 | 0.387 | DEFCIENTE |
| FO01-Pri06 | 0.15 | 0.74 | 0.891 | 0.346 | DEFCIENTE |
| ME13ZH02-Pri06 | 0.337 | 0.565 | 0.901 | 0.331 | DEFCIENTE |
| MA06-Pri06 | 0.11 | 0.74 | 0.843 | 0.327 | DEFCIENTE |
| MA04ZR02-Oto05 | 0.01 | 0.68 | 0.687 | 0.267 | DEFCIENTE |
| MA06-Oto05 | 0.00 | 0.63 | 0.631 | 0.245 | DEFCIENTE |
| MA04ZR02-Pri06 | 0.02 | 0.46 | 0.472 | 0.183 | MALO |
| MA21-Oto05 | 0.40 | 0.06 | 0.458 | 0.178 | MALO |
| ME04-Ver06 | 0.477 | 0.000 | 0.477 | 0.175 | MALO |
| ME06-Ver06 | 0.00 | 0.30 | 0.304 | 0.118 | MALO |
| MA21-Ver06 | 0.02 | 0.00 | 0.019 | 0.007 | MALO |

Tabla 2.33. Valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada muestra. (ID=identificador; %Cianofíceas = porcentaje de cianofíceas; Cla_µgL= clorofila a; MM=multimétrico; EQR= índice de calidad ecológica). Las muestras aparecen ordenadas en orden descendente en función del EQR-FITOHMIB.

### 2.6.5.2. Modelo general por tipo: MESOHALINO

***Invertebrados.-*** Para el cálculo del MIB del tipo Mesohalino se seleccionaron 3 métricos que cumplen los requerimientos normativos especificados por la DMA (anexo V, punto 1.2.3): taxa sensibles, en este caso se utilizó la suma de las abundancias de *Lekanesphaera* sp. (isópodo) y *Loxoconcha* sp. (ostrácodo); métricos basados en abundancia, aquí se utilizaron la suma de las abundancias de los órdenes Amphipoda, Gastropoda e Isopoda y métricos basados en diversidad, en este caso se utilizó, la diversidad de Margalef (Tabla 2.34).

| Tipo de métrico | Métrico Mesohalino |
|---|---|
| Abundancia-sensibilidad | Lekanesphaera y Loxoconcha |
| Abundancia | Suma Amphipoda, Gastropoda e Isopoda |
| Diversidad | Diversidad de Margalef |

Tabla 2.34. Relación de métricos seleccionados para la elaboración del MIB del tipo Mesohalino

Los géneros *Lekanesphaera* sp. y *Loxoconcha* sp. han sido obtenidos mediante SIMPER (como fue explicado en el punto 2.6). La suma de los órdenes Amphipoda, Gastropoda e Isopoda, fue sumada ya que, en función del SIMPER, las refrencias se caracterizaban por éstos órdenes.

Como cabría esperar, el valor de los métricos individuales se correlacionó positivamente con el valor de EQR-INVHMIB obtenido (Tabla 2.35). Para estudiar la respuesta del MIB obtenido como indicador biológico, se hicieron correlaciones entre los valores de los métricos individuales y el valor del EQR-INVHMIB con los ejes de presión identificados previamente. El valor del EQR-INVHMIB obtenido se correlaciona con los ejes de presión identificados, existiendo una correlación significativa con el gradiente de presión trófico temporal identificado por el eje II del PCA realizado con los valores promedios y con el gradiente de presión general identificado como un eje de trofismo-salinización por el eje I del PCA realizado con los valores promedios de las variables introducidas (Tabla 2.35). Se observa que la suma de las abundancias de los géneros de crustáceos *Lekanesphaera* sp. y *Loxoconcha* sp. también tiene una correlación significativa con estos mismos gradientes, mientras que los otros dos métricos se correlacionan significativamente con otros de los gradiente identificados (Tabla 2.35).

| | EQR | Abundancia *Lekanesphaera* + *Loxoconcha* | Abundacia Amphipoda + Gastropoda + Isopoda | Diversidad Margalef |
|---|---|---|---|---|
| **EQR** | - | *0.82* | *0.54* | ns |
| **Abundancia Lekanesphaera + Loxoconcha** | *0.82* | - | *0.53* | -0.25 |
| **Abundacia Amphipoda + Gastropoda + Isopoda** | *0.54* | *0.53* | - | -0.41 |
| **Diversidad Margalef** | ns | *-0.25* | *-0.41* | - |
| **GradTrofico1** | ns | ns | ns | ns |
| **GradTrofico2** | ns | ns | ns | ns |
| **GradTrofico3** | ns | ns | ns | -0.23 |
| **mediaGradTrofico1** | ns | ns | ns | ns |
| **mediaGradTrofico2** | *0.23* | *0.29* | ns | ns |
| **GradGeneral1** | ns | ns | ns | ns |
| **GradGeneral2** | ns | ns | ns | ns |
| **GradGeneral3** | ns | ns | ns | ns |
| **mediaGradGeneral1** | *0.25* | *0.23* | ns | ns |
| **mediaGradGeneral2** | ns | ns | ns | ns |

Tabla 2.35. Tabla de correlación ente EQR-INVHMIB y los métricos utilizados para el cálculo del multimétrico de invertebrados para el tipo Mesohalino, con los gradientes de presión generados con el PCA (ver texto). GradTrofico= Gradiente trófico por campañas; mediaGradTrofico= Gradiente trófico por medias; GradGenal =Gradiente General por campañas; mediaGradgenrl= Gradiente general por medias. Los números indican los ejes extraídos con el PCA. Se muestra el valor del coeficiente de correlación (*Rho Spearman*) obtenido entre dos variables. ns = correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

Una vez comprobada la respuesta de los indicadores que componen el EQR-INVHMIB para el tipo Mesohalino, así como los cortes correspondientes a cada clase de estado ecológico (metodología de establecimiento de clases de estado, en el aparatado 2.6), se analiza el cambio que se produce en los valores del multimétrico al disminuir la clase de estado ecológico. Aunque existe una segregación de las muestras a lo largo del gradiente en función del valor del EQR-INVHMIB obtenido, esta no es tan clara como la observada para el tipo Oligohalino (Fig. 2.34). La relación entre el multimétrico de invertebrados y la composición de las aguas es más debil que para el tipo Oligohalino. En particular, se muestra la relación del EQR-INVHMIB con el gradiente general obtenido con las medias (eje I del PCA, mediaGradGeneral1), que había sido identificado como un gradiente de eutrofización-salinización, relacionándose de manera positiva con el contenido en nutrientes y de manera negativa con la salinidad (Fig. 2.34) (ver apartado 2.6.4.3.1). Aunque los puntos

pertenecientes a las referencias (valor de EQR-INVHMIB elevado) se corresponden con aquellas zonas húmedas con un contenido de nutrientes bajo (Fig. 2.34), parecen mostrar una salinidad anual más alta, aunque similares a las de las clases de peor estado. Este tipo de resultados parece indicar una posible ausencia de relación entre el multimétrico de invertebrados y la composición de las aguas (nutrientes) para este tipo, o que otro tipo de presión, por ejemplo la salinización, pueda estar interfiriendo en la evaluación del estado. Estos resultados se discutirán en relación con los resultados derivados de la evaluación realizada con el Fitoplancton, en la integración del estado ecológico final.

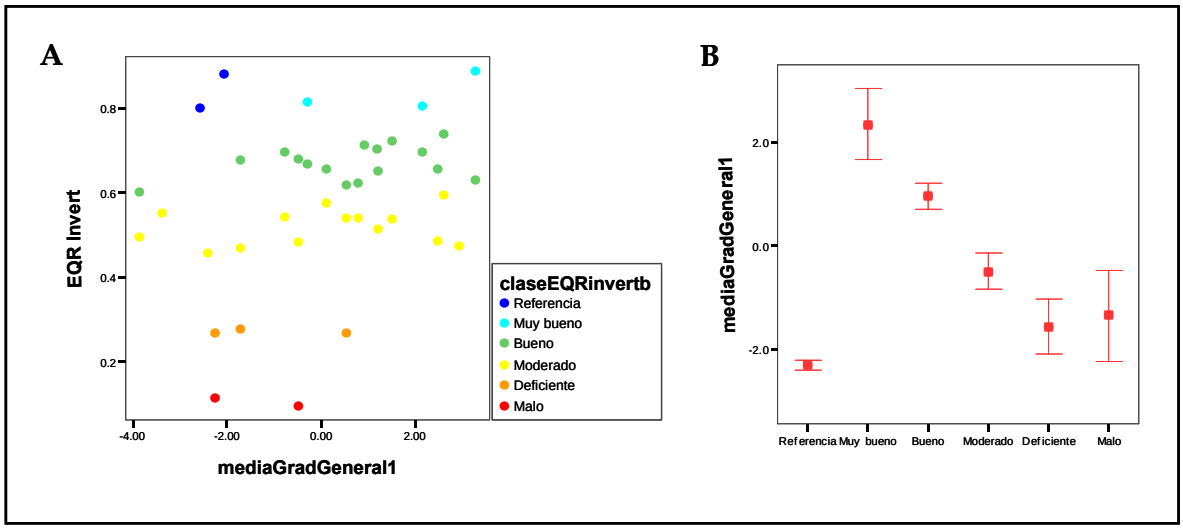



Figura 2.34. Correspondencia entre el gradiente de presión trófico obtenido con las medias (mediaGradGeneral1) y el EQR-INVHMIB en función de las clases de estado obtenidas para el tipo Mesohalino. La figura muestra: A) diagrama de dispersión entre el valor del EQR-FITOHMIB y el valor del gradiente obtenido en cada punto; B) Barras de error de valor promedio del gradiente obtenido en función de las clases de estado.

El cambio que se produce en el valor del EQR-INVHMIB no refleja de forma consistente cambios en las condiciones físico-químicas, aunque si se muestran variaciones relacionadas con la salinidad (Fig. 2.35, Tabla 2.36) entre las 5 clases de estado identificadas.

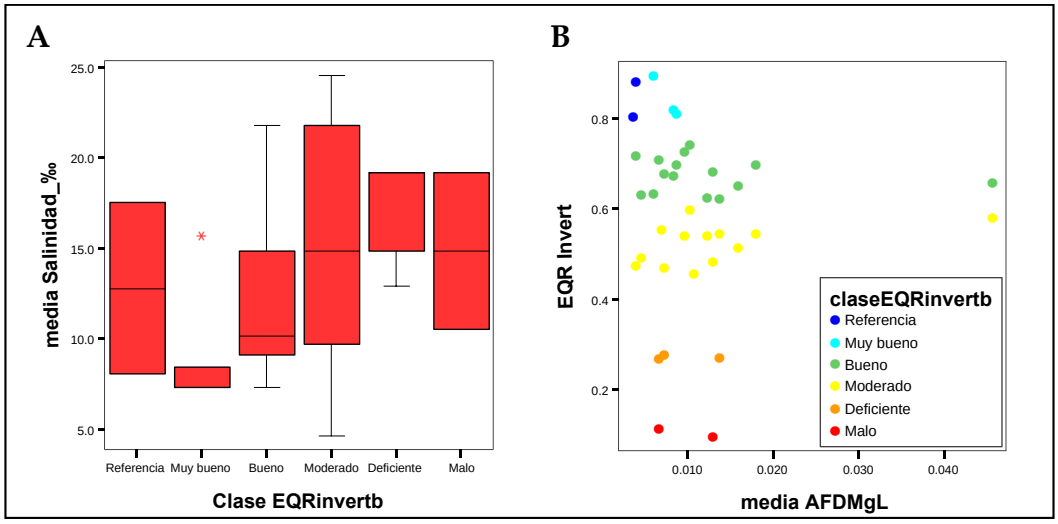



Figura 2.35. Cambio que se produce en el valor de ciertas variables medioambientales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para la variable salinidad y grafico de dispersión para la variable AFDM, ambas variables seleccionadas por su mayor correlación con el EQR-INVHMIB. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

| Variable | | Clase EQR Invertebrado | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Referencia | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| media Alcalinidad_meqL1 | Mediana | 3.150 | 6.033 | 4.633 | 3.500 | 3.033 | 2.700 |
| | Media | 3.150 | 5.367 | 4.454 | 3.799 | 3.467 | 2.700 |
| | EE | 0.107 | 0.409 | 0.160 | 0.222 | 0.409 | 0.333 |
| media Carbonatos_CO3meqL | Mediana | 0.417 | 0.367 | 0.000 | 0.183 | 0.733 | 0.367 |
| | Media | 0.417 | 0.220 | 0.112 | 0.180 | 0.527 | 0.367 |
| | EE | 0.157 | 0.090 | 0.029 | 0.030 | 0.135 | 0.367 |
| media PO4µmoles | Mediana | 0.844 | 2.565 | 1.456 | 1.014 | 0.639 | 0.698 |
| | Media | 0.844 | 2.185 | 1.639 | 1.195 | 0.599 | 0.698 |
| | EE | 0.059 | 0.359 | 0.166 | 0.132 | 0.116 | 0.060 |
| media SIO2_mgL | Mediana | 0.872 | 3.479 | 1.834 | 1.282 | 0.194 | 0.592 |
| | Media | 0.872 | 2.579 | 2.821 | 1.749 | 0.867 | 0.592 |
| | EE | 0.071 | 0.583 | 0.505 | 0.274 | 0.611 | 0.398 |
| media Salinidad_‰ | Mediana | 12.793 | 7.333 | 10.200 | 14.858 | 19.217 | 14.867 |
| | Media | 12.793 | 9.233 | 12.369 | 15.579 | 17.097 | 14.867 |
| | EE | 1.792 | 1.635 | 0.724 | 1.130 | 1.334 | 4.350 |
| media AFDMgL | Mediana | 0.004 | 0.006 | 0.009 | 0.011 | 0.007 | 0.010 |
| | Media | 0.004 | 0.007 | 0.010 | 0.013 | 0.008 | 0.010 |
| | EE | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.003 |

Tabla 2.36. Tabla resumen del valor de aquellas variables medioambientales más correlacionadas con los valores del EQR-INVHMIB obtenidos para las muestras del tipo Mesohalino. Se muestran los valores medios, error típico de la media (EE, error estándar) y mediana para cada una de las 6 clases de estado definidas con el valor de EQR-INVHMIB obtenido.

En cuanto al cambio que se produce en las comunidades se puede observar que, por ejemplo, la suma de las abundancias de los géneros de crustáceos utilizados como métricos indicadores es un buen métrico de sensibilidad, sirviendo de discriminador de condiciones poco alteradas (Fig. 2.36).

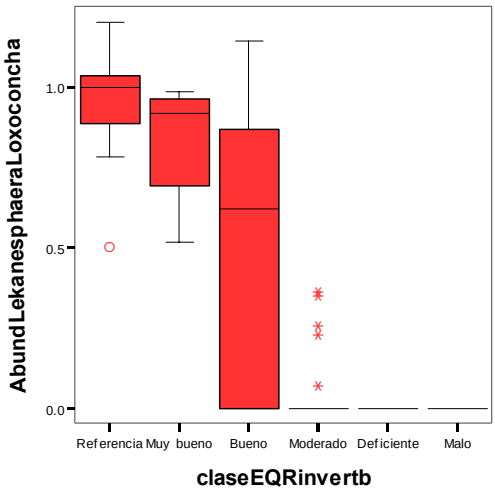



Figura 2.36. Cambio que se produce en el valor de un métrico indicador de sensibilidad con las clases de estado. La figura muestra los diagrama de caja para la suma de las abundancias de los géneros de crustáceos *Lekanesphaera* sp. y *Loxoconcha* sp. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

Para comprobar si las clases del estado ecológico que han sido definidas por el EQR-INVHMIB se corresponden con la composición y abundancia de las comunidades de invertebrados. Se ha realizado una ordenación MDS con todas las muestras incluidas en este tipo (Fig. 2.37), adjudicándosele a cada muestra la clase en la que ha sido incluida según nuestro métrico (Tabla 2.37).

En la ordenación se puede observar un gradiente de cambio de la clase de estado, indicando que el multimétrico refleja el cambio que se produce a medida que las comunidades de las muestras se hacen más disimilares (se alejan) de la comunidad de referencia tipo. Las referencias se agrupan formando un núcleo diferenciado, rodeadas de las muestras a las que se les adjudicó un estado de *Muy bueno*, *Bueno* o *Moderado* siendo las muestras con estado *Deficiente* las más alejadas del núcleo de referencias (Fig. 2.37). Se observa en la ordenación que existen dos muestras en estado *Moderado* aparecen próximas a las referencias,

correspondiéndose a muestras de MA03EsLlacs y MA03Can recogidas en otoño'05 y primavera'06, respectivamente (Fig. 2.37). Estos puntos pertenecen a la Albufereta de Pollensa y aunque al principio se habían designado como posibles referencias, se descartaron por el hecho de recibir aportes de agua dulce derivados de las surgencias que los alimentan, los cuales incorporan nutrientes a la zona húmeda, incrementando de forma puntual su grado de eutrofia.

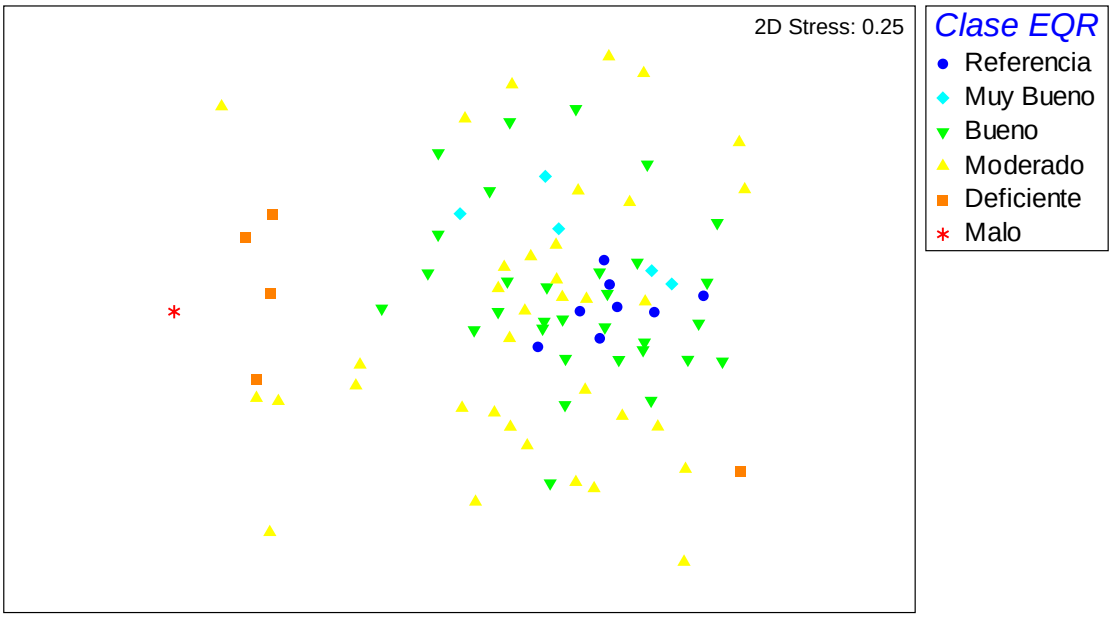



Figura 2.37. Ordenación MDS de las comunidades de invertebrados de las todas las muestras incluidas en el tipo Mesohalino. Las clases de estado ecológico son las correspondientes a la Tabla 2.37.

| ID | Campaña | Lekanesphaera Loxoconcha | Amphipoda Gastropoda Isopoda | H Margalef | MM | EQR | Clase |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ME01ZH04Oto05 | Oto05 | 0.99 | 0.99 | 1.36 | 3.343 | 0.923 | REFERENCIA |
| ME01ZH03Pri06 | Pri06 | 0.78 | 1.01 | 1.46 | 3.255 | 0.898 | REFERENCIA |
| ME01ZH04Ver06 | Ver06 | 1.07 | 0.96 | 1.19 | 3.219 | 0.889 | REFERENCIA |
| ME01ZH04wer05 | wer05 | 1.20 | 1.16 | 0.79 | 3.157 | 0.872 | REFERENCIA |
| ME01ZH04Pri06 | Pri06 | 1.00 | 1.07 | 0.97 | 3.042 | 0.840 | REFERENCIA |
| ME01ZH03Ver06 | Ver06 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 3.029 | 0.836 | REFERENCIA |
| ME01ZH03wer05 | wer05 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 2.965 | 0.818 | REFERENCIA |
| ME01ZH03Oto05 | Oto05 | 0.50 | 0.89 | 0.97 | 2.365 | 0.653 | REFERENCIA |
| MA01MoliniVer06 | Ver06 | 0.69 | 0.77 | 2.16 | 3.623 | 1.000 | MUY BUENO |
| MA01Moliniwer05 | wer05 | 0.92 | 0.93 | 1.21 | 3.061 | 0.845 | MUY BUENO |
| MA01MoliniOto05 | Oto05 | 0.52 | 0.62 | 1.86 | 2.999 | 0.828 | MUY BUENO |
| MA14ZH01wer05 | wer05 | 0.97 | 1.12 | 0.87 | 2.955 | 0.816 | MUY BUENO |
| MA08IIVer06 | Ver06 | 0.99 | 1.01 | 0.92 | 2.925 | 0.807 | MUY BUENO |
| MA03EsLlacswer05 | wer05 | 0.89 | 1.17 | 0.80 | 2.850 | 0.787 | BUENO |
| MA08IVer06 | Ver06 | 0.96 | 0.83 | 1.03 | 2.810 | 0.776 | BUENO |
| MA01ZR01wer05 | wer05 | 0.96 | 1.08 | 0.75 | 2.793 | 0.771 | BUENO |
| MA19Ver06 | Ver06 | 0.63 | 0.89 | 1.25 | 2.778 | 0.767 | BUENO |
| MA08IIOto05 | Oto05 | 0.88 | 0.97 | 0.86 | 2.705 | 0.747 | BUENO |
| MA19wer05 | wer05 | 0.78 | 1.08 | 0.81 | 2.672 | 0.737 | BUENO |
| MA08IOto05 | Oto05 | 0.92 | 1.08 | 0.67 | 2.668 | 0.736 | BUENO |
| MA01ZR01Ver06 | Ver06 | 1.15 | 0.96 | 0.55 | 2.654 | 0.733 | BUENO |
| MA08Iwer05 | wer05 | 1.07 | 0.98 | 0.50 | 2.557 | 0.706 | BUENO |
| MA08IIPri06 | Pri06 | 0.72 | 0.79 | 1.04 | 2.552 | 0.704 | BUENO |
| MA03EsLlacsPri06 | Pri06 | 0.61 | 0.98 | 0.94 | 2.521 | 0.696 | BUENO |
| ME01ZH02Ver06 | Ver06 | 0.55 | 0.76 | 1.22 | 2.520 | 0.696 | BUENO |
| MA14ZH01Ver06 | Ver06 | 0.80 | 1.04 | 0.69 | 2.518 | 0.695 | BUENO |
| MA03EsLlacsVer06 | Ver06 | 0.62 | 0.87 | 1.00 | 2.491 | 0.688 | BUENO |
| MA01ZR01Pri06 | Pri06 | 0.92 | 0.93 | 0.64 | 2.488 | 0.687 | BUENO |
| MA04ZH01Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.92 | 1.54 | 2.462 | 0.680 | BUENO |
| MA19Pri06 | Pri06 | 0.39 | 0.86 | 1.21 | 2.458 | 0.678 | BUENO |
| ME19ZH03Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.58 | 1.87 | 2.451 | 0.676 | BUENO |
| MA19Oto05 | Oto05 | 0.74 | 1.01 | 0.68 | 2.437 | 0.673 | BUENO |
| MA04ZR07Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.92 | 1.46 | 2.380 | 0.657 | BUENO |
| MA14ZH01Oto05 | Oto05 | 0.60 | 0.95 | 0.83 | 2.380 | 0.657 | BUENO |
| MA03CanOto05 | Oto05 | 0.00 | 0.89 | 1.49 | 2.379 | 0.657 | BUENO |
| MA14ZH01Pri06 | Pri06 | 0.54 | 0.87 | 0.97 | 2.379 | 0.657 | BUENO |
| MA07IPri06 | Pri06 | 0.00 | 0.61 | 1.75 | 2.355 | 0.650 | BUENO |
| MA08IIwer05 | wer05 | 0.86 | 1.01 | 0.44 | 2.303 | 0.636 | BUENO |
| MA01ZR01Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.86 | 1.42 | 2.288 | 0.632 | BUENO |
| MA01MoliniPri06 | Pri06 | 0.50 | 0.71 | 1.07 | 2.284 | 0.630 | BUENO |
| MA07IIOto05 | Oto05 | 0.00 | 0.78 | 1.50 | 2.271 | 0.627 | BUENO |
| MA07IIwer05 | wer05 | 0.00 | 0.92 | 1.33 | 2.248 | 0.620 | BUENO |
| EI02Ver06 | Ver06 | 0.66 | 0.90 | 0.68 | 2.242 | 0.619 | BUENO |
| ME19ZH02Ver06 | Ver06 | 0.00 | 1.06 | 1.13 | 2.186 | 0.603 | BUENO |
| EI02Pri06 | Pri06 | 0.26 | 0.57 | 1.33 | 2.159 | 0.596 | MODERADO |
| MA08IPri06 | Pri06 | 0.23 | 0.53 | 1.40 | 2.155 | 0.595 | MODERADO |
| MA04ZR07wer05 | wer05 | 0.00 | 1.04 | 1.11 | 2.151 | 0.594 | MODERADO |
| ME01ZH02wer05 | wer05 | 0.00 | 0.85 | 1.30 | 2.148 | 0.593 | MODERADO |
| ME19ZH04wer05 | wer05 | 0.00 | 0.90 | 1.20 | 2.105 | 0.581 | MODERADO |
| ME19ZH04Ver06 | Ver06 | 0.07 | 0.94 | 1.06 | 2.071 | 0.572 | MODERADO |
| MA04ZR07Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.86 | 1.21 | 2.070 | 0.571 | MODERADO |
| MA07IIPri06 | Pri06 | 0.00 | 0.96 | 1.10 | 2.063 | 0.569 | MODERADO |
| MA03SabarPri06 | Pri06 | 0.00 | 0.93 | 1.12 | 2.050 | 0.566 | MODERADO |
| MA04ZR07Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.83 | 1.22 | 2.047 | 0.565 | MODERADO |
| MA07Iwer05 | wer05 | 0.00 | 0.91 | 1.12 | 2.033 | 0.561 | MODERADO |
| ME19ZH02Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.41 | 1.56 | 1.968 | 0.543 | MODERADO |
| ME19ZH04Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.81 | 1.14 | 1.952 | 0.539 | MODERADO |
| MA03EsLlacsOto05 | Oto05 | 0.36 | 0.86 | 0.73 | 1.950 | 0.538 | MODERADO |
| ME01ZH02Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.00 | 1.94 | 1.945 | 0.537 | MODERADO |
| MA04ZH01wer05 | wer05 | 0.00 | 1.51 | 0.41 | 1.921 | 0.530 | MODERADO |
| MA03CanPri06 | Pri06 | 0.00 | 1.09 | 0.82 | 1.908 | 0.527 | MODERADO |
| MA23Salobrarwer05 | wer05 | 0.00 | 0.92 | 0.98 | 1.904 | 0.525 | MODERADO |
| MA07IVer06 | Ver06 | 0.00 | 0.81 | 1.06 | 1.864 | 0.514 | MODERADO |
| ME19ZH04Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.83 | 1.03 | 1.862 | 0.514 | MODERADO |
| MA07IIVer06 | Ver06 | 0.00 | 0.93 | 0.92 | 1.849 | 0.510 | MODERADO |
| ME19ZH02wer05 | wer05 | 0.00 | 0.47 | 1.35 | 1.813 | 0.501 | MODERADO |
| ME01ZH02Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.23 | 1.57 | 1.801 | 0.497 | MODERADO |
| EI02wer05 | wer05 | 0.35 | 1.11 | 0.29 | 1.761 | 0.486 | MODERADO |
| MA23SalobrarVer06 | Ver06 | 0.00 | 0.90 | 0.85 | 1.743 | 0.481 | MODERADO |
| ME19ZH03wer05 | wer05 | 0.00 | 0.72 | 0.99 | 1.715 | 0.473 | MODERADO |
| MA03Canwer05 | wer05 | 0.00 | 0.95 | 0.75 | 1.696 | 0.468 | MODERADO |
| MA07IOto05 | Oto05 | 0.00 | 0.40 | 1.29 | 1.685 | 0.465 | MODERADO |
| MA03CanVer06 | Ver06 | 0.00 | 0.89 | 0.80 | 1.682 | 0.464 | MODERADO |
| ME19ZH03Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.49 | 1.18 | 1.671 | 0.461 | MODERADO |
| ME19ZH02Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.00 | 1.59 | 1.593 | 0.440 | MODERADO |
| MA03SabarOto05 | Oto05 | 0.00 | 0.89 | 0.69 | 1.585 | 0.438 | MODERADO |
| MA04ZH01Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.78 | 0.80 | 1.579 | 0.436 | MODERADO |
| MA03Sabarwer05 | wer05 | 0.00 | 1.10 | 0.40 | 1.509 | 0.416 | MODERADO |
| MA23SalobrarOto05 | Oto05 | 0.00 | 0.52 | 0.97 | 1.487 | 0.410 | MODERADO |
| MA23SalobrarPri06 | Pri06 | 0.00 | 0.66 | 0.82 | 1.480 | 0.409 | MODERADO |
| MA13Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 1.31 | 1.312 | 0.362 | DEFCIENTE |
| ME19ZH03Ver06 | Ver06 | 0.00 | 0.00 | 1.01 | 1.006 | 0.278 | DEFCIENTE |
| EI02Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.67 | 0.31 | 0.978 | 0.270 | DEFCIENTE |
| MA13wer05 | wer05 | 0.00 | 0.16 | 0.71 | 0.864 | 0.238 | DEFCIENTE |
| MA13Pri06 | Pri06 | 0.00 | 0.00 | 0.73 | 0.731 | 0.202 | DEFCIENTE |
| MA13Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.00 | 0.41 | 0.410 | 0.113 | MALO |
| MA04ZH01Oto05 | Oto05 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.344 | 0.095 | MALO |

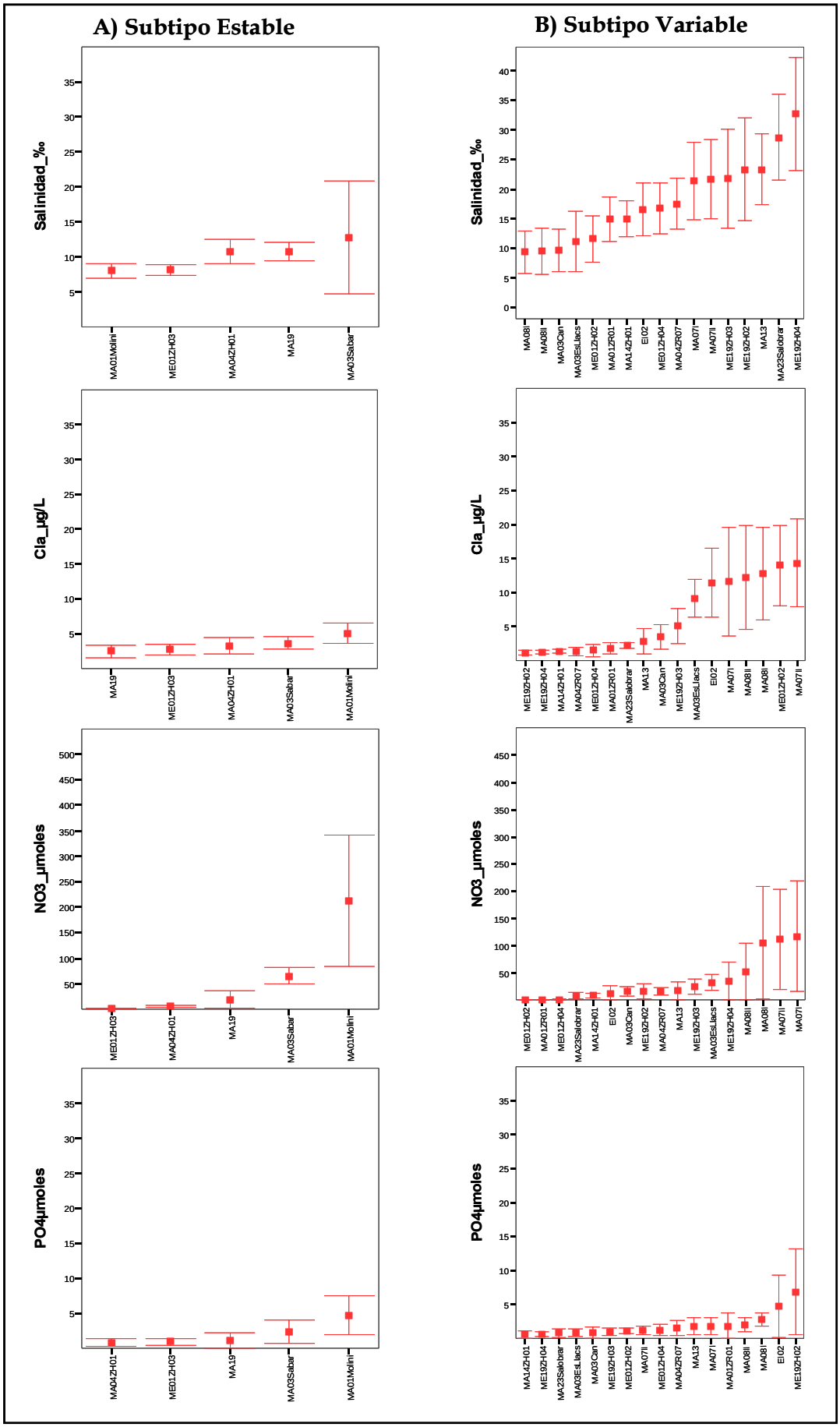
Tabla 2.37. Valor del EQR-INVHMIB obtenido para cada muestra. (ID=identificador; Lekanesphaera Loxoconcha= suma de las abundancias de Lekanesphaera sp. y Loxoconcha sp.; H Margalef= diversidad de Margalef; MM=multimétrico; EQR= índice de calidad ecológica. Las muestras aparecen ordenadas en orden descendente en función del EQR-INVHMIB.

***Fitoplancton.-*** A efectos de reducir la variabilidad natural inherente en los tipos de humedales definidos en base a los cortes de salinidad propuestos (Apartado 2.6.1.2), y así reducir la elevada variabilidad presente en la estima de la clorofila y % de grupos del fitoplancton, los 3 tipos de salinidad se subdividieron (sólo a efectos del cálculo de los multimétricos) según la media y el rango de variación dentro del rango de salinidad del tipo. Así se diferencian dentro de cada tipo, 2 subtipos, uno de salinidad media y rango menor (mas estable), y otro de salinidad media y rango mayor (variable). Por ello, para el análisis del fitoplancton por tipo que se inicia a continuación, se suministra información sobre la subdivisión considerada para cada tipo, en dos subtipos estable y variable, a partir de los cuales se han elaborado los multimétricos. Cada subtipo está al menos caracterizado por las muestras de un humedal de referencia (Tabla 2.38), y se suministra indicación de la variabilidad inherente en los mismos de los valores de Cl-*a* y nutrientes (Fig. 2.38).

| ID_Humedal | Subtipo Salinidad | Referencia | Conductividad | | | Salinidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Media | EE | Rango | Media | EE | Rango |
| **ME01ZH03** | estable | **si** | **13785,0** | 1783,5 | 6150,0 | **8,1** | 1,1 | 3,6 |
| **MA19** | estable | | **17386,7** | 2191,0 | 7050,0 | **10,2** | 1,7 | 5,0 |
| **MA04ZH01** | estable | | **17943,3** | 2965,6 | 9570,0 | **10,5** | 2,4 | 8,2 |
| **MA03Sabar** | estable | | **9470,0** | 435,0 | 870,0 | **4,7** | 0,3 | 0,6 |
| **MA01Molini** | estable | | **12463,3** | 999,7 | 3245,0 | **7,3** | 1,1 | 3,5 |
| **ME01ZH04** | variable | **si** | **27055,0** | 8127,4 | 26135,0 | **17,5** | 6,0 | 20,5 |
| **EI02** | variable | | **21050,0** | 4947,4 | 17030,0 | **13,0** | 3,5 | 12,0 |
| **MA03Can** | variable | | **13428,3** | 6300,9 | 19800,0 | **7,5** | 4,1 | 13,1 |
| **MA14ZH01** | variable | | **26200,0** | 6472,3 | 21680,0 | **15,7** | 4,2 | 14,1 |
| **MA04ZR07** | variable | | **23866,7** | 6155,2 | 19510,0 | **14,8** | 4,7 | 14,7 |
| **MA08I** | variable | | **14351,7** | 7425,5 | 24260,0 | **8,3** | 4,8 | 15,6 |
| **ME01ZH02** | variable | | **16001,7** | 6015,8 | 20100,0 | **9,8** | 4,9 | 16,3 |
| **MA08II** | variable | | **14423,3** | 8415,5 | 27690,0 | **8,5** | 5,3 | 17,4 |
| **MA01ZR01** | variable | | **21955,0** | 6639,0 | 20155,0 | **14,6** | 5,3 | 17,6 |
| **ME19ZH03** | variable | | **21855,0** | 7919,4 | 24660,0 | **14,9** | 6,8 | 21,1 |
| **MA13** | variable | | **29148,3** | 8053,0 | 27775,0 | **19,2** | 6,1 | 21,1 |
| **MA03EsLlacs** | variable | | **16615,0** | 10557,1 | 33365,0 | **10,0** | 7,0 | 22,3 |
| **ME19ZH04** | variable | | **36955,0** | 8075,9 | 27965,0 | **24,6** | 7,0 | 24,3 |
| **MA23Salobrar** | variable | | **35275,0** | 8400,5 | 27795,0 | **24,2** | 8,0 | 26,1 |
| **MA07I** | variable | | **31091,7** | 12821,2 | 42590,0 | **18,8** | 8,5 | 28,5 |
| **MA07II** | variable | | **30795,0** | 13455,4 | 44610,0 | **19,4** | 8,9 | 29,2 |
| **ME19ZH02** | variable | | **35661,7** | 15698,4 | 47715,0 | **21,9** | 12,1 | 38,4 |

Tabla 2.38. Subtipos de salinidad (estable y variable) según el valor medio y el rango de variabilidad anual de la salinidad y conductividad eléctrica para el tipo mesohalino.

Figura 2.38. (Pág. siguiente) Valores medios y error típico de la media para distintas variables medioambientales en función de los subtipos definidos para las masas de agua del tipo mesohalino: A) subtipo estable, menor variabilidad en la salinidad; B) subtipo variable, menor variabilidad en la salinidad.


A) Subtipo Estable
B) Subtipo Variable
Salinidad_‰
Cla_µg/L
NO3_µmoles
PO4µmoles
MA01Molini
ME01ZH03
MA04ZH01
MA19
MA03Sabar
MA08I
MA03Can
MA03ESLlacs
ME01ZH02
MA01ZR01
MA14ZH01
EI02
ME01ZH04
MA04ZR07
MA07I
ME19ZH03
ME19ZH02
MA23Salobra
ME19ZH04
MA13
MA23Salobrar
MA03ESLlacs
ME19ZH04
MA08II
MA07II
ME01ZH04
MA14ZR01
MA04ZR07
MA23SalobrarI
MA14ZH01
MA03CanI
ME19ZH02
MA13I
MA03ESLlacsI
MA07II
ME01ZH02
MA01ZR01
MA14ZH01
MA03CanI
ME01ZH04
MA04ZR07
MA13I
ME19ZH03
MA03ESLlacsI
ME19ZH04
MA08II
MA07II
MA07I

***Multimétrico FITOHMIB:*** Para el cálculo del MIB del tipo Mesohalino se seleccionaron dos métricos que cumplen los requerimientos normativos especificados por la DMA (anexo V, punto 1.2.3): biomasa fitoplanctónica expresada como clorofila *a* y composición (porcentaje de Cianofíceas) coincidiendo con los métricos seleccionados para el tipo Oligohalino (Tabla 2.39).

| Tipo de métrico | Métrico Mesohalino |
|---|---|
| Biomasa | Clorofila a |
| Composición | % Cianoficeas |

Tabla 2.39. Relación de métricos seleccionados para la elaboración del multimétrico del tipo Mesohalino

Como cabría esperar, el valor de los métricos individuales se correlacionó positivamente con el valor de EQR-FITOHMIB obtenido (Tabla 2.40). Para estudiar la respuesta del multimétrico obtenido como indicador biológico, se hicieron correlaciones entre los valores de los métricos individuales y el valor del EQR-FITOHMIB con los ejes de presión identificados previamente. El valor del EQR-FITOHMIB obtenido se correlaciona con varios de los gradientes de presión extraidos, existiendo una correlación significativa con el gradiente de presión trófico identificado por el eje III del PCA con el total de muestras, y con el gradiente trófico (eje I del PCA) realizado con los valores anuales medios. También se correlaciona con el gradiente de presión general identificado por el eje III del PCA del total de muestras, y con el gradiente de presión general (ejes I y III del PCA) realizado con las medias anuales de las variables introducidas (Tabla 2.40). Se observa que Cl-*a* presenta correlaciones muy similares a las obtenidas con el EQR-FITOHMIB (Tabla 2.40), al ser parte del multimétrico.

| | Grad Trofico1 | Grad Trofico2 | Grad Trofico3 | media Grad Trofico1 | media Grad Trofico2 | media Grad Trofico3 | Grad General1 | Grad General2 | Grad General3 | media Grad General1 | media Grad General 2 | media Grad General 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **EQR** | ns | ns | 0.63 | 0.25 | ns | 0.35 | ns | ns | -0.24 | -0.26 | ns | 0.30 |
| **Clh-*a*** | ns | ns | -0.90 | -0.24 | ns | -0.29 | -0.29 | ns | ns | 0.29 | ns | -0.29 |
| **Cyanobacteria (%)** | ns | ns | -0.28 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | 0.24 | ns |
| **Oscillatoriales %** | ns | 0.213 | ns | ns | ns | 0.318 | ns | ns | ns | ns | ns | 0.25 |
| **Grad Trofico1** | - | ns | ns | 0.47 | ns | ns | 0.75 | ns | 0.48 | -0.43 | -0.22 | ns |
| **Grad Trofico2** | ns | - | ns | ns | ns | 0.26 | ns | 0.96 | ns | ns | ns | 0.27 |
| **Grad Trofico3** | ns | ns | - | ns | ns | 0.36 | ns | ns | ns | ns | ns | 0.30 |
| **media Grad Trofico1** | 0.47 | ns | ns | - | ns | ns | 0.40 | ns | ns | -0.79 | -0.57 | ns |
| **media Grad Trofico2** | ns | ns | ns | ns | - | ns | -0.24 | ns | ns | 0.43 | -0.71 | 0.29 |
| **Grad General1** | 0.75 | ns | ns | 0.40 | -0.24 | ns | - | ns | ns | -0.54 | ns | ns |
| **Grad General2** | ns | 0.96 | ns | ns | ns | 0.23 | ns | - | ns | ns | ns | 0.27 |
| **Grad General3** | 0.48 | ns | ns | ns | ns | -0.27 | ns | ns | - | ns | -0.22 | -0.27 |
| **media Grad General1** | -0.43 | ns | ns | -0.79 | 0.43 | ns | -0.54 | ns | ns | - | ns | ns |
| **media Grad General 2** | -0.22 | ns | ns | -0.57 | -0.71 | ns | ns | ns | -0.22 | ns | - | ns |

Tabla 2.40. Tabla de correlación ente EQR-FITOHMIB y los métricos utilizados para el cálculo del multimétrico de fitoplancton para el tipo Mesohalino, con los gradientes de presión generados con el PCA (ver texto). GradTrofico= Gradiente trófico por campañas; mediaGradTrofico= Gradiente trófico por medias; GradGenal =Gradiente General por campañas; mediaGradgenrl= Gradiente general por medias. Los números indican los ejes extraídos con el PCA. Se muestra el valor del coeficiente de correlación (*Rho Spearman*) obtenido entre dos variables. ns = correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

Una vez comprobado el funcionamiento de los indicadores que componen el EQR-FITOHMIB para el tipo Mesohalino, así como los cortes correspondientes a cada clase de estado ecológico (metodología de establecimiento de clases de estado, en el aparatado 2.6), se analiza el cambio que se produce en los valores del índice al disminuir la clase de estado ecológico. Existe una clara segregación de las muestras a lo largo del gradiente en función del valor del EQR-FITOHMIB obtenido, lo que afirma su funcionamiento como indicador de degradación trófica (Figura 2.39). En particular, se muestra la relación del EQR-FITOHMIB con los gradientes trófico y general obtenidos con las medias (eje I del PCA, MediaGradTrofico1, mediaGradGeneral1), que se corresponden con gradientes tróficos, relacionándose en ellos todos los nutrientes con la clorofila *a* (Fig. 2.39) (ver apartado 2.6.4.2.1.). De forma general, los puntos con un valor de EQR-FITOHMIB mayor se corresponden con aquellas zonas húmedas con un menor contenido de nutrientes y menor valor promedio de biomasa fitoplanctónica, incrementándose el valor promedio de ambos parámetros en condiciones de enriquecimiento en nutrientes (Fig. 2.39)

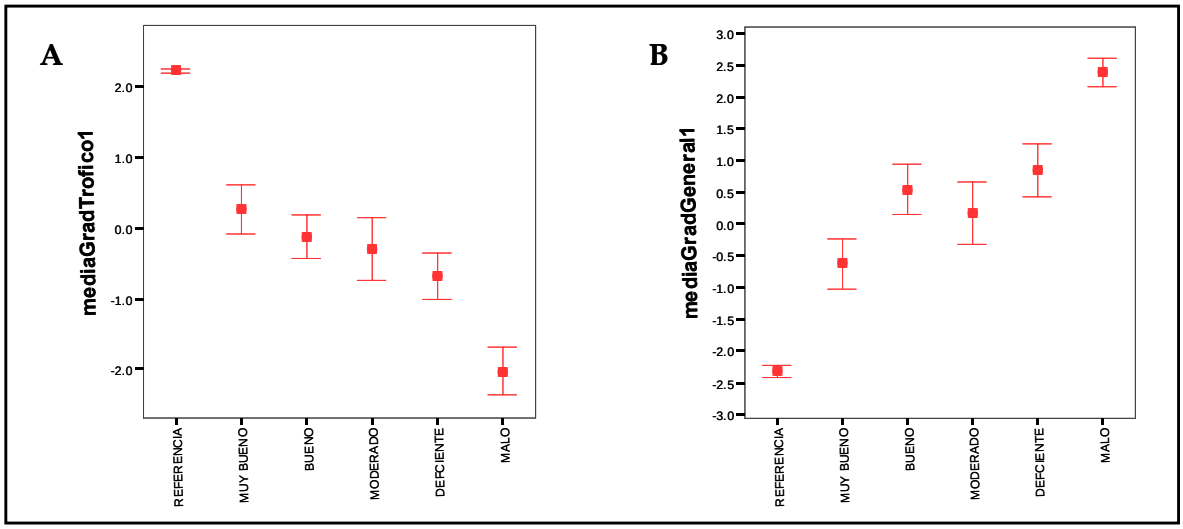



Figura 2.39. Correspondencia entre el gradiente de presión trófico obtenido con las medias (mediasGradTrofico1), el eje que representa un gradiente general con las medias (mediaGradGeneral1) y la clase de estado del EQR-FITOHMIB de fitoplancton del tipo Mesohalino.

El cambio que se produce en el valor del EQR-FITOHMIB a lo largo del gradiente trófico, también se refleja en un cambio en las condiciones físico-químicas (Fig. 2.40, Tabla 2.41) entre las 5 clases de estado identificadas.

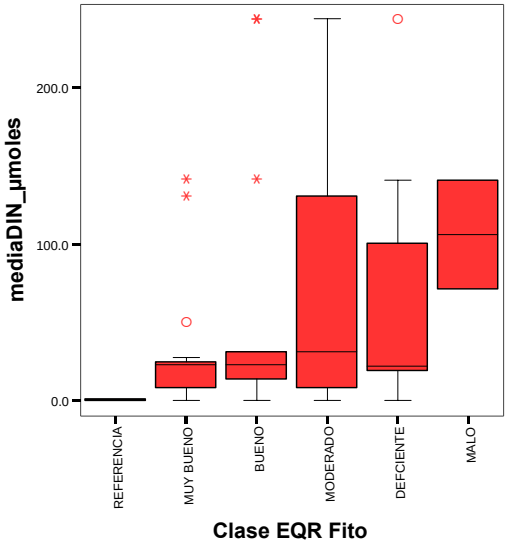



Figura 2.40 Cambio que se produce en el valor de ciertas variables medioambientales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para valor medio de la variable DIN, variables seleccionadas por su mayor correlación con el EQR-FITOHMIB. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

| Variable | | Clase EQR Fitoplancton | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Referencia | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| media NO2_µmoles | Mediana | 0.109 | 0.438 | 0.522 | 0.859 | 0.594 | 1.214 |
| | Media | 0.109 | 0.598 | 0.582 | 0.758 | 0.730 | 1.214 |
| | EE | 0.000 | 0.117 | 0.118 | 0.118 | 0.140 | 0.025 |
| media NH4_µmoles | Mediana | 0.907 | 2.926 | 1.148 | 0.278 | 1.241 | 0.296 |
| | Media | 0.907 | 7.654 | 3.988 | 1.408 | 7.057 | 0.296 |
| | EE | 0.238 | 1.730 | 1.413 | 0.624 | 2.849 | 0.019 |
| media DIN_µmoles | Mediana | 1.032 | 22.748 | 23.162 | 31.213 | 22.334 | 105.967 |
| | Media | 1.032 | 27.383 | 49.034 | 63.295 | 64.799 | 105.967 |
| | EE | 0.238 | 7.232 | 17.106 | 14.011 | 22.902 | 34.604 |
| media Salinidad_‰ | Mediana | 12.793 | 15.717 | 10.517 | 10.200 | 10.517 | 8.350 |
| | Media | 12.793 | 16.976 | 13.014 | 13.334 | 11.600 | 8.350 |
| | EE | 1.792 | 1.141 | 1.131 | 1.341 | 1.055 | 0.100 |
| media Cla_µg/L | Mediana | 2.265 | 1.994 | 3.228 | 6.747 | 14.920 | 16.281 |
| | Media | 2.265 | 3.911 | 5.281 | 9.121 | 11.813 | 16.281 |
| | EE | 0.195 | 0.979 | 1.098 | 1.447 | 1.825 | 0.622 |
| media AFDMgL | Mediana | 0.004 | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.012 | 0.010 |
| | Media | 0.004 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.010 |
| | EE | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |

Tabla 2.41. Tabla resumen de del valor de aquellas variables medioambientales más correlacionadas con los valores de EQR-FITOHMIB obtenidos para el tipo Mesohalino. Se muestran los valores medios, error típico de la media (EE, error estándar) y mediana para cada una de las 6 clases de estado definidas con el valor de EQR-FITOHMIB obtenido.

En cuanto a los dos métricos seleccionados, se observa que son buenos métrico discriminadores de las muestras con un peor estado ecológico (Fig. 2.41).

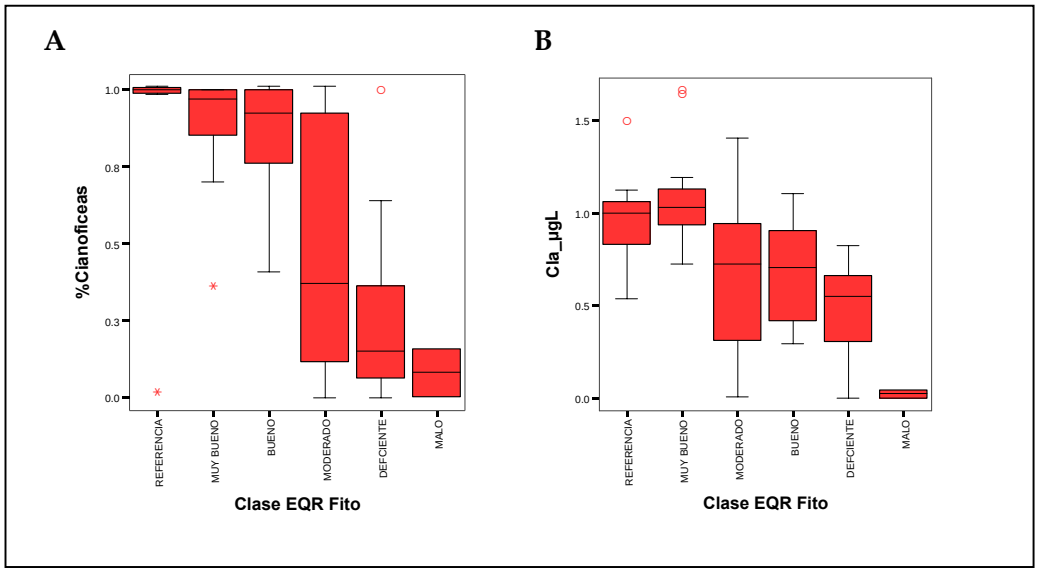



Figura 2.41. Cambio que se produce en el valor de los métricos individuales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para dos métricos indicadores: A) porcentaje de Cianofíceas, y B) Biomasa fitoplantócnica en forma de clorofila *a*. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

Para comprobar si las clases del estado ecológico que han sido definidas por el EQR-FITOHMIB se corresponden con la composición y abundancia de las comunidades fitoplanctónicas. Se ha realizado una ordenación MDS con todas las muestras incluidas en este tipo (Fig. 2.42), adjudicándosele a cada muestra la clase en la que ha sido incluida según el multimétrico (Tabla 2.42).

En la ordenación se puede observar la transición de la clase de estado ecológico. La mayoría de las referencias se localizan agrupadas en la esquina inferior izquierda formando un núcleo y alejado de éste, se sitúan las muestras con estado *Deficiente* y *Malo* (Fig.2.42). Se constata la elevada variabilidad estacional en la composición de las muestras, que apunta a la necesidad de una integración de los valores estacionales de las muestras en un valor medio.

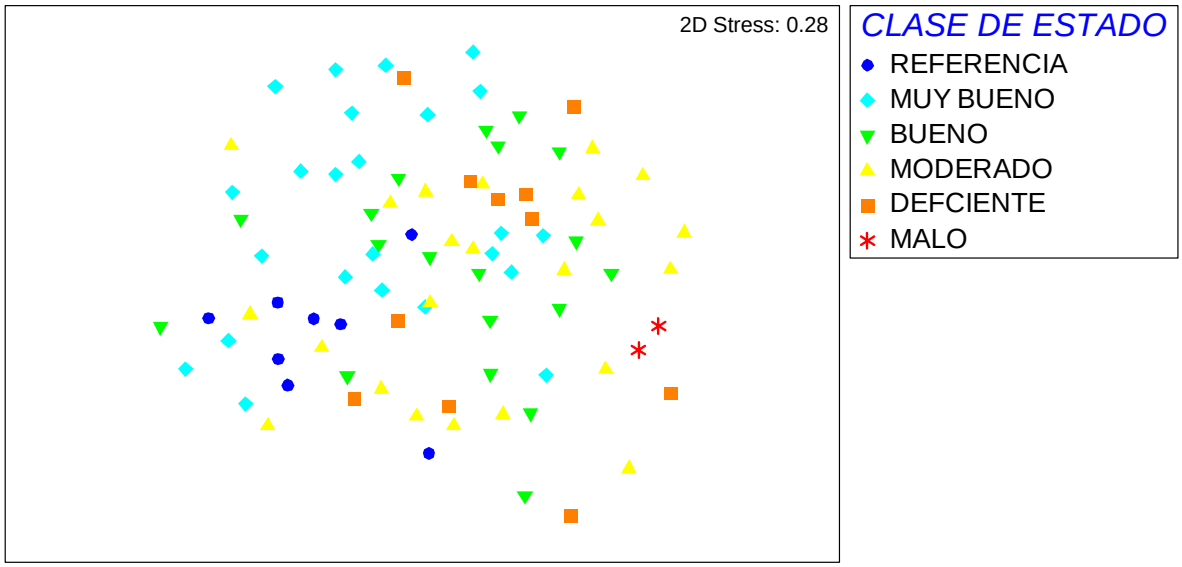



Figura 2.42. Ordenación MDS de las comunidades de fitoplancton a nivel de género de las todas las muestras incluidas en el tipo Mesohalino. Las clases de estado ecológico son las correspondientes a la Tabla 2.42.

| ID | Cla_µgL | %Cianoficeas | MM | EQR | Clase |
|---|---|---|---|---|---|
| ME01ZH03-Pri06 | 1.502 | 1.009 | 2.511 | 1.000 | REFERENCIA |
| ME01ZH04-Oto05 | 1.128 | 1.000 | 2.128 | 0.992 | REFERENCIA |
| ME01ZH04-wer05 | 1.000 | 1.000 | 2.000 | 0.933 | REFERENCIA |
| ME01ZH04-Ver06 | 1.000 | 0.985 | 1.985 | 0.925 | REFERENCIA |
| ME01ZH03-wer05 | 1.003 | 1.009 | 2.013 | 0.802 | REFERENCIA |
| ME01ZH04-Pri06 | 0.661 | 1.000 | 1.661 | 0.774 | REFERENCIA |
| ME01ZH03-Oto05 | 0.537 | 0.991 | 1.528 | 0.608 | REFERENCIA |
| ME01ZH03-Ver06 | 0.997 | 0.020 | 1.016 | 0.405 | REFERENCIA |
| MA03Can-Oto05 | 1.145 | 1.000 | 2.145 | 1.000 | MUY BUENO |
| MA04ZH01-Oto05 | 1.669 | 0.813 | 2.482 | 0.989 | MUY BUENO |
| MA01ZR01-wer05 | 1.182 | 0.935 | 2.117 | 0.987 | MUY BUENO |
| MA13-Oto05 | 1.146 | 0.938 | 2.083 | 0.971 | MUY BUENO |
| MA04ZR07-Pri06 | 1.049 | 0.975 | 2.024 | 0.944 | MUY BUENO |
| MA07I-Ver06 | 1.023 | 0.999 | 2.022 | 0.943 | MUY BUENO |
| MA04ZR07-Oto05 | 1.045 | 0.977 | 2.022 | 0.943 | MUY BUENO |
| ME19ZH04-wer05 | 1.020 | 1.000 | 2.020 | 0.942 | MUY BUENO |
| ME19ZH03-wer05 | 1.120 | 0.893 | 2.013 | 0.939 | MUY BUENO |
| MA13-Pri06 | 0.952 | 1.000 | 1.952 | 0.910 | MUY BUENO |
| MA07II-Ver06 | 0.949 | 0.994 | 1.943 | 0.906 | MUY BUENO |
| ME19ZH04-Ver06 | 0.950 | 0.976 | 1.926 | 0.898 | MUY BUENO |
| MA14ZH01-wer05 | 1.061 | 0.826 | 1.888 | 0.880 | MUY BUENO |
| ME19ZH02-wer05 | 1.082 | 0.796 | 1.878 | 0.876 | MUY BUENO |
| MA03Sabar-Pri06 | 1.195 | 1.001 | 2.196 | 0.874 | MUY BUENO |
| MA14ZH01-Oto05 | 0.874 | 1.000 | 1.874 | 0.874 | MUY BUENO |
| ME19ZH02-Oto05 | 0.865 | 0.963 | 1.828 | 0.852 | MUY BUENO |
| MA23Salobrar-Oto05 | 0.938 | 0.863 | 1.801 | 0.840 | MUY BUENO |
| MA23Salobrar-Ver06 | 0.833 | 0.962 | 1.795 | 0.837 | MUY BUENO |
| EI02-wer05 | 0.942 | 0.843 | 1.785 | 0.832 | MUY BUENO |
| MA01ZR01-Pri06 | 1.054 | 0.701 | 1.755 | 0.818 | MUY BUENO |
| MA01ZR01-Oto05 | 0.749 | 0.997 | 1.745 | 0.814 | MUY BUENO |
| MA23Salobrar-wer05 | 0.724 | 1.000 | 1.724 | 0.804 | MUY BUENO |
| MA19-Oto05 | 1.646 | 0.364 | 2.011 | 0.801 | MUY BUENO |
| MA01Molini-wer05 | 0.996 | 1.009 | 2.005 | 0.799 | BUENO |
| MA14ZH01-Ver06 | 0.874 | 0.804 | 1.678 | 0.783 | BUENO |
| MA04ZH01-wer05 | 1.110 | 0.817 | 1.927 | 0.767 | BUENO |
| MA01Molini-Pri06 | 0.912 | 1.009 | 1.921 | 0.765 | BUENO |
| MA03Can-wer05 | 0.638 | 0.988 | 1.626 | 0.758 | BUENO |
| MA19-Ver06 | 1.016 | 0.859 | 1.876 | 0.747 | BUENO |
| ME01ZH02-wer05 | 0.708 | 0.867 | 1.575 | 0.734 | BUENO |
| MA14ZH01-Pri06 | 0.899 | 0.595 | 1.494 | 0.696 | BUENO |
| MA23Salobrar-Pri06 | 0.772 | 0.716 | 1.488 | 0.694 | BUENO |
| MA03Can-Ver06 | 0.458 | 1.000 | 1.458 | 0.680 | BUENO |
| MA13-wer05 | 0.455 | 0.943 | 1.398 | 0.652 | BUENO |
| MA13-Ver06 | 0.870 | 0.515 | 1.386 | 0.646 | BUENO |
| MA03EsLlacs-Ver06 | 0.380 | 0.995 | 1.374 | 0.641 | BUENO |
| MA04ZR07-wer05 | 0.964 | 0.409 | 1.373 | 0.640 | BUENO |
| MA01ZR01-Ver06 | 0.682 | 0.685 | 1.367 | 0.638 | BUENO |
| MA07I-Oto05 | 0.354 | 1.000 | 1.354 | 0.632 | BUENO |
| ME19ZH03-Oto05 | 0.342 | 1.000 | 1.342 | 0.626 | BUENO |
| MA03EsLlacs-wer05 | 0.375 | 0.925 | 1.301 | 0.606 | BUENO |
| MA03EsLlacs-Oto05 | 0.296 | 0.992 | 1.288 | 0.600 | BUENO |
| MA03EsLlacs-Pri06 | 0.944 | 0.341 | 1.285 | 0.599 | MODERADO |
| MA03Sabar-Oto05 | 0.469 | 1.009 | 1.479 | 0.589 | MODERADO |
| MA19-Pri06 | 1.405 | 0.066 | 1.471 | 0.586 | MODERADO |
| MA08I-Oto05 | 0.239 | 1.000 | 1.239 | 0.578 | MODERADO |
| ME19ZH02-Ver06 | 0.870 | 0.369 | 1.239 | 0.578 | MODERADO |
| MA03Can-Pri06 | 0.946 | 0.267 | 1.213 | 0.565 | MODERADO |
| MA07I-wer05 | 1.172 | 0.001 | 1.173 | 0.547 | MODERADO |
| MA01Molini-Oto05 | 0.340 | 1.009 | 1.350 | 0.538 | MODERADO |
| ME01ZH02-Oto05 | 0.325 | 0.821 | 1.147 | 0.535 | MODERADO |
| MA08II-Oto05 | 0.435 | 0.702 | 1.136 | 0.530 | MODERADO |
| MA07II-Pri06 | 0.145 | 0.982 | 1.127 | 0.526 | MODERADO |
| ME19ZH02-Pri06 | 1.023 | 0.057 | 1.080 | 0.503 | MODERADO |
| ME19ZH04-Pri06 | 0.978 | 0.076 | 1.054 | 0.491 | MODERADO |
| MA08I-wer05 | 1.023 | 0.015 | 1.038 | 0.484 | MODERADO |
| MA04ZH01-Ver06 | 0.303 | 0.898 | 1.201 | 0.478 | MODERADO |
| MA04ZR07-Ver06 | 0.723 | 0.303 | 1.025 | 0.478 | MODERADO |
| MA03Sabar-wer05 | 0.674 | 0.524 | 1.198 | 0.477 | MODERADO |
| ME19ZH03-Ver06 | 0.820 | 0.191 | 1.011 | 0.471 | MODERADO |
| ME01ZH02-Ver06 | 0.040 | 0.961 | 1.001 | 0.467 | MODERADO |
| MA07I-Pri06 | 0.006 | 0.952 | 0.959 | 0.447 | MODERADO |
| MA07II-Oto05 | 0.068 | 0.857 | 0.925 | 0.431 | MODERADO |
| MA08II-Ver06 | 0.728 | 0.158 | 0.886 | 0.413 | MODERADO |
| ME19ZH04-Oto05 | 0.808 | 0.063 | 0.870 | 0.406 | MODERADO |
| MA01Molini-Ver06 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.398 | DEFCIENTE |
| MA08I-Ver06 | 0.696 | 0.150 | 0.847 | 0.395 | DEFCIENTE |
| MA08II-wer05 | 0.827 | 0.000 | 0.827 | 0.386 | DEFCIENTE |
| MA19-wer05 | 0.473 | 0.484 | 0.957 | 0.381 | DEFCIENTE |
| EI02-Pri06 | 0.178 | 0.639 | 0.816 | 0.381 | DEFCIENTE |
| MA07II-wer05 | 0.562 | 0.188 | 0.750 | 0.350 | DEFCIENTE |
| EI02-Oto05 | 0.636 | 0.094 | 0.729 | 0.340 | DEFCIENTE |
| ME19ZH03-Pri06 | 0.553 | 0.108 | 0.661 | 0.308 | DEFCIENTE |
| MA04ZH01-Pri06 | 0.695 | 0.032 | 0.727 | 0.289 | DEFCIENTE |
| ME01ZH02-Pri06 | 0.429 | 0.011 | 0.440 | 0.205 | DEFCIENTE |
| EI02-Ver06 | 0.180 | 0.245 | 0.425 | 0.198 | DEFCIENTE |
| MA08I-Pri06 | 0.045 | 0.160 | 0.205 | 0.096 | MALO |
| MA08II-Pri06 | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | MALO |

Tabla 2.42. Valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada muestra. (ID=identificador; Cla_µgL= clorofila a; %Cianofíceas = porcentaje de cianofíceas; MM=multimétrico; EQR= índice de calidad ecológica). Las muestras aparecen ordenadas en orden descendente en función del EQR-FITOHMIB.

### 2.6.5.3. Modelo general por tipo: EUHALINO

***Invertebrados.-*** Para el cálculo del MIB del tipo Euhalino se seleccionaron 4 métricos que cumplen los requerimientos normativos especificados por la DMA (anexo V, punto 1.2.3): taxa sensibles, en este caso se utilizó la suma de las abundancias de los géneros que caracterizan a las muestras de las referencias; métricos basados en abundancia y composición, aquí se utilizaron la suma de las abundancias de ostrácodos y la riqueza de las familias; y métricos basados en diversidad, en este caso se utilizó, la diversidad de Margalef (Tabla 2.43).

Los géneros presentes en las referencias, obtenidos mediante la rutina SIMPER, fueron: *Cletocamptus* sp., *Nebrioporus* sp., *Dasyhelea* sp., *Nemotelus* sp. y *Sigara* sp. Del mismo modo, los géneros de ostrácodos sumados fueron: *Cyprideis* sp., *Eucypris* sp., *Loxoconcha* sp. y *Sarscypridopsis* sp.

| Tipo de métrico | Métrico Euhalino |
|---|---|
| Abundancia-sensibilidad | Géneros presentes en las referencias |
| Abundancia | Suma de ostrácodos |
| Riqueza | Riquezas de Familias |
| Diversidad | Diversidad de Margalef |

Tabla 2.43. Relación de métricos seleccionados para la elaboración del MIB del tipo Euhalino.

Como cabría esperar, el valor de los métricos individuales se correlacionó positivamente con el valor de EQR-INVHMIB obtenido (Tabla 2.44). Para estudiar la respuesta del MIB obtenido como indicador biológico, se hicieron correlaciones entre los valores de los métricos individuales y el valor del EQR-INVHMIB con los ejes de presión identificados previamente. El valor del EQR-INVHMIB obtenido se correlaciona con los ejes de presión identificados, existiendo una correlación significativa tanto con el gradiente de presión trófica realizado con los valores promedios (ejes II y III del PCA, mediaGradTrofico2 y mediaGradTrofico3) como con el de presión general identificado por el eje III del PCA realizado con los valores promedios de las variables introducidas en cada caso (mediaGradGeneral3) (Tabla 2.44). Se observa que los métricos seleccionados se correlacionan significativamente con alguno de los gradientes identificados (Tabla 2.44).

| | EQR | Generos Referencia | Suma abundancia de ostrácodos* | Riqueza de Familias | Diversidad Margalef |
|---|---|---|---|---|---|
| **EQRInvert** | - | *0.82* | *0.45* | *0.75* | *0.72* |
| **GenAbundReferenciaeuh** | *0.82* | - | ns | *0.60* | *ns* |
| **CypriEucyHerpetLoxocSarscy** | *0.45* | ns | - | ns | *ns* |
| **NumberofFamilies** | *0.75* | *0.60* | ns | - | *0.66* |
| **ESTDiversityMargalefIndex** | *0.72* | ns | ns | *0.66* | - |
| **GradTrofico1** | ns | ns | ns | ns | *ns* |
| **GradTrofico2** | ns | ns | ns | ns | *ns* |
| **mediaGradTrofico1** | ns | ns | ns | ns | *ns* |
| **mediaGradTrofico2** | *-0.59* | *-0.44* | *-0.50* | ns | *-0.37* |
| **mediaGradTrofico3** | *-0.38* | *-0.37* | ns | *-0.41* | *ns* |
| **GradGeneral1** | ns | ns | ns | ns | *ns* |
| **GradGeneral2** | ns | ns | ns | ns | *ns* |
| **GradGeneral3** | ns | ns | ns | ns | *ns* |
| **mediaGradGeneral1** | ns | ns | *-0.38* | ns | *ns* |
| **mediaGradGeneral2** | ns | ns | ns | ns | *0.46* |
| **mediaGradGeneral3** | *-0.49* | *-0.49* | ns | *-0.49* | *ns* |

** Cyprideis sp.+ Eucypris sp.+ Loxoconcha sp. + Sarscypridopsis sp.*

Tabla 2.44. Tabla de correlación ente EQR-INVHMIB y los métricos utilizados para el cálculo del multimétrico de invertebrados para el tipo Euhalino, con los gradientes de presión generados con el PCA (ver texto). GradTrofico= Gradiente trófico por campañas; mediaGradTrofico= Gradiente trófico por medias; GradGenal =Gradiente General por campañas; mediaGradgenrl= Gradiente general por medias. Los números indican los ejes extraídos con el PCA. Se muestra el valor del coeficiente de correlación (*Rho Spearman*) obtenido entre dos variables. ns = correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

Una vez comprobado el funcionamiento de los métricos individuales que componen el EQR-INVHMIB para el tipo Euhalino, así como los cortes correspondientes a cada clase de estado ecológico (ver metodología general para el establecimiento de las clases de estado, en el aparatado 2.5), se analiza el cambio que se produce en los valores de los índices al disminuir la clase de estado ecológico. Existe una segregación de las muestras a lo largo del gradiente en función del valor del EQR-INVHMIB obtenido (Fig. 2.43). En particular, se muestra la relación del EQR-INVHMIB con el gradiente trófico obtenidos con las medias (mediaGradTrofico2), que había sido identificados como un gradiente trófico que relacionaba la cl a con los contenidos en nitratos y fosfatos (Fig. 2.43) (ver apartado 2.6.4.4.2.). Así, los puntos pertenecientes a las referencias (valor de EQR-INVHMIB elevado) se corresponden con aquellas zonas húmedas con altos contenidos en nutrientes (Fig. 2.43). El hecho de que las zonas húmedas menos alteradas tengan valores de nutrientes más elevados se podría

explicar por el hecho de que muchas de ellas son sistemas costeros, y reciben de forma natural aportes más o menos continuos de agua marina, lo que hace que se produzca la entrada de nutrientes por arrastre.

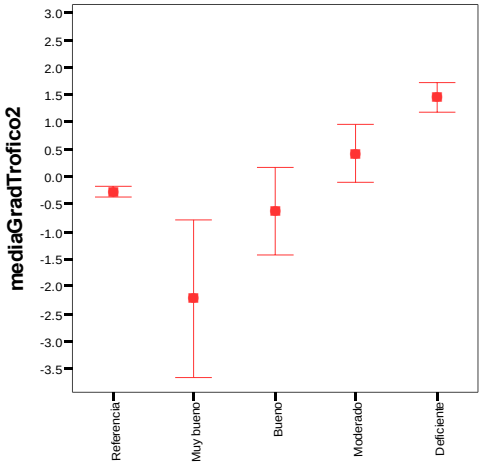



Figura 2.43. Correspondencia entre el gradiente de presión trófico obtenido con las medias (mediaGradTrófico2) y las clases de estado del EQR-INVHMIB del tipo Euhalino.

El cambio que se produce en el valor del EQR-INVHMIB a lo largo del gradiente trófico, revela una tendencia opuesta a la esperada en su relación con los nutrientes (Fig. 2.44, Tabla 2.45). Los valores de clorofila y fosfatos tienden a disminuir conforme empeora la clase de estado, mientras las formas nitrogenadas son máximas en las clases del muy bueno al moderado. Estos resultados parecen indicar cierta independencia del multimétrico de invertebrados, del estado trófico de los humedales euhalinos, y a la posibilidad de la existencia en estos de otro tipo de presión a la que realmente estén respondiendo los invertebrados, como por ejemplo la salinización/modificación del hábitat debida a la actividad humana en las salinas. Una vez analizada la respuesta del fitoplancton a los nutrientes (a continuación), ambos elementos se discutirán en lo relativo a su indicación e integración, en el apartado 2.6.7, de contribución al análisis de presiones e impactos.

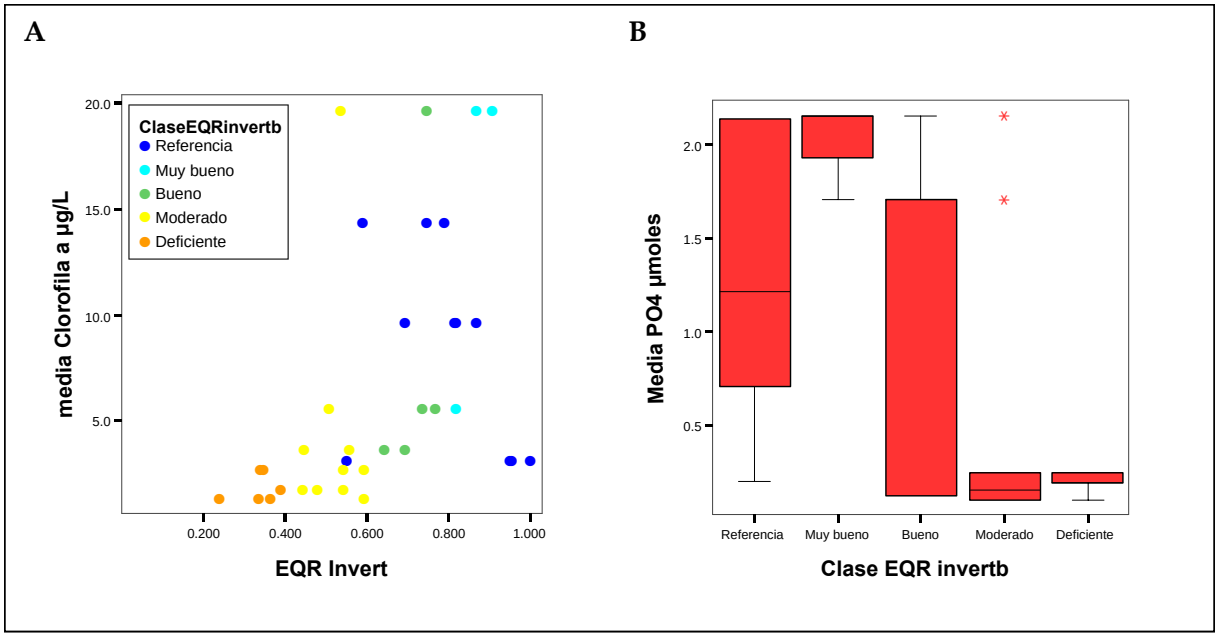



Figura 2.44. Cambio que se produce en el valor de ciertas variables medioambientales con las clases de estado. La figura muestra: A) grafico de dispersión para el valor promedio de la variable biomasa fitoplanctónica en forma de Cl-*a*, y B) diagrama de caja para el valor promedio del fosfato, ambas variables seleccionadas por su mayor correlación con el EQR-INVHMIB. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

| Variable | | Clase EQR Invertebrado | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Referencia | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente |
| Media PO4 µmoles | Mediana | 1.221 | 2.154 | 1.712 | 0.160 | 0.193 |
| | Media | 1.280 | 2.007 | 1.166 | 0.513 | 0.198 |
| | EE | 0.242 | 0.147 | 0.432 | 0.240 | 0.022 |
| Media NO3 µmoles | Mediana | 2.586 | 4.898 | 2.715 | 1.242 | 1.194 |
| | Media | 2.611 | 3.464 | 2.304 | 1.660 | 0.929 |
| | EE | 0.176 | 1.434 | 0.803 | 0.446 | 0.175 |
| Media pH | Mediana | 8.582 | 8.844 | 8.449 | 8.286 | 8.334 |
| | Media | 8.484 | 8.713 | 8.357 | 8.242 | 8.212 |
| | EE | 0.069 | 0.132 | 0.155 | 0.090 | 0.094 |
| Media Cla µg/L | Mediana | 9.605 | 19.661 | 5.564 | 2.716 | 1.532 |
| | Media | 8.539 | 14.962 | 7.613 | 4.447 | 1.857 |
| | EE | 1.437 | 4.699 | 3.043 | 1.738 | 0.279 |

Tabla 2.45. Tabla resumen de del valor de aquellas variables medioambientales más correlacionadas con los valores del EQR-INVHMIB obtenidos para el tipo Euhalino. Se muestran los valores medios, error típico de la media (EE, error estándar) y mediana para cada una de las 5 clases de estado definidas con el valor de EQR-INVHMIB obtenido.

Las zonas húmedas de referencia del tipo euhalino incluyen masas de aguas que reciben aportes de agua marina en temporales (arrastres de zonas terrestres adyacentes), lo cual puede favorecer el aumento de nutrientes durante ciertas épocas del año y consecuentemente la producción primaria, como es el caso de la referencia, FO04 (S'Espalmador) con máximos de Cl-*a* en verano de 39.29 µg/L. Se trata de un humedal localizado en un islote cercano a Formentera, sin ningún tipo de presión antropogénica, que presenta de forma natural niveles elevados de nutrientes y clorofila. Este hecho se interpreta como una condición natural, aunque es en parte la razón por la cual no existe una respuesta de los invertebrados a los nutrientes, si ya hay una comunidad de referencia de invertebrados típicos de estos ambientes, este elemento no detectaría un aumento artificial de nutrientes.

En cuanto al cambio que se produce en las comunidades de invertebrados bentónicos, se puede observar que, por ejemplo, la suma de las abundancias de los géneros presentes en referencia, podría ser un buen métrico discriminador de las referencias (Fig. 2.45A), a pesar del rango de variación que presenta y que fue atribuido a la muestra recogida en FO02 en verano del 2006, cuando la zona húmeda tenía una escasa lámina de agua. Por otro lado, la suma de la abundancia de los géneros de ostrácodos seleccionados, discrimina a las masas de aguas moderadas y deficientes del resto, ya que es un indicador de eutrofización (Fig. 2.45B).

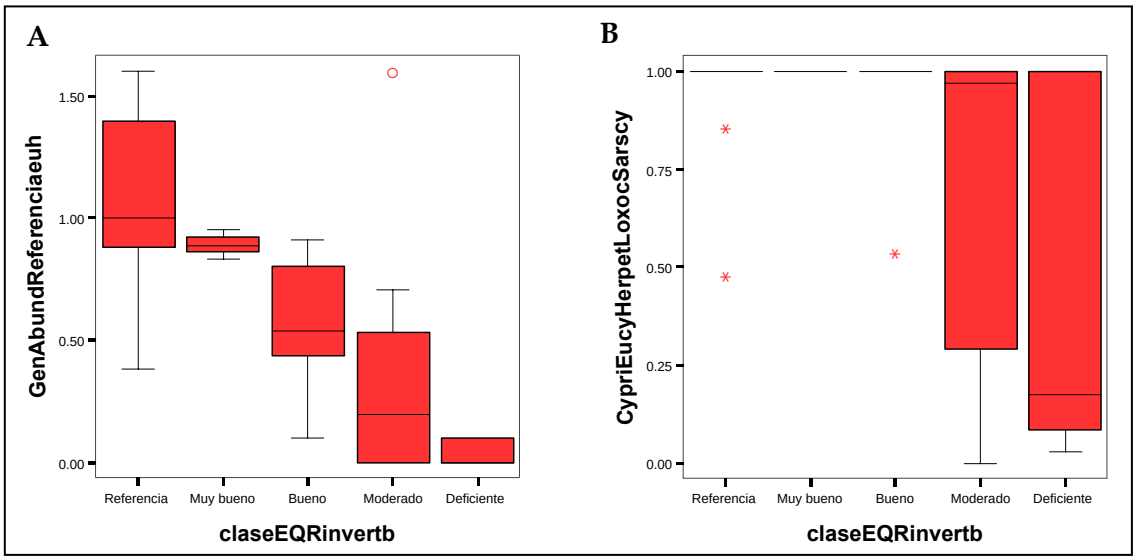



Figura 2.45. Cambio que se produce en el valor de los métricos individuales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para dos métricos indicadores: A) géneros presentes en referencia, y B) suma de las abundancias de los géneros de ostrácodos seleccionados (∑ Cyprideis sp., Eucypris sp., Loxoconcha sp., Sarscypridopsis).

Para comprobar si las clases del estado ecológico que han sido definidas por el EQR-INVHMIB se corresponden con cambios en la composición y abundancia de las comunidades de invertebrados. Se ha realizado una ordenación MDS con todas las muestras incluidas en este tipo (Fig. 2.46), adjudicándosele a cada muestra la clase en la que ha sido incluida según nuestro métrico (Tabla 2.46).

En la ordenación se puede observar un gradiente de cambio de la clase de estado. Las referencias se agrupan formando un núcleo diferenciado, rodeadas de las muestras a las que se les adjudicó un estado de *Muy bueno*, *Bueno* o *Moderado* siendo las muestras con estado *Deficiente* las más alejadas del núcleo de referencias (Fig. 2.46), lo que confirma la idoneidad del multimétrico para registrar cambios en la composición de la comunidad.

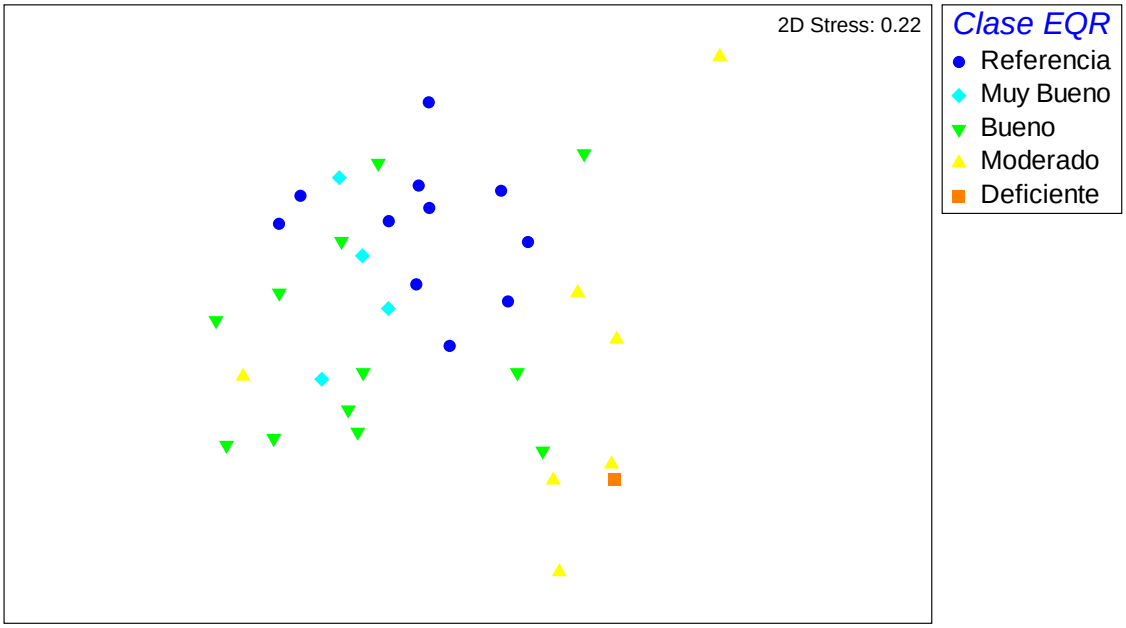



Figura 2.46. Ordenación MDS de las comunidades de invertebrados de las todas las muestras incluidas en el tipo Euhalino. Las clases de estado ecológico son las correspondientes a la Tabla 2.46.

| ID | Campaña | Gen Abund Ref | ∑Ostrácodos | Riqueza familia | H Margalef | MM | EQR | Clase |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **MA22Pri06** | Pri06 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 2.04 | 5.237 | 1.000 | REFERENCIA |
| **MA22Ver06** | Ver06 | 1.19 | 1.00 | 1.30 | 1.51 | 4.999 | 0.955 | REFERENCIA |
| **MA22wer05** | wer05 | 0.88 | 0.85 | 1.10 | 2.14 | 4.977 | 0.950 | REFERENCIA |
| **MA20Oto05** | Oto05 | 1.50 | 1.00 | 1.10 | 0.94 | 4.543 | 0.868 | REFERENCIA |
| **MA20Pri06** | Pri06 | 1.29 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 4.290 | 0.819 | REFERENCIA |
| **MA20wer05** | wer05 | 0.88 | 1.00 | 1.10 | 1.27 | 4.258 | 0.813 | REFERENCIA |
| **FO04Pri06** | Pri06 | 1.60 | 1.00 | 0.80 | 0.73 | 4.132 | 0.789 | REFERENCIA |
| **FO04Oto05** | Oto05 | 0.90 | 1.00 | 0.90 | 1.11 | 3.910 | 0.747 | REFERENCIA |
| **MA20Ver06** | Ver06 | 1.57 | 0.48 | 0.90 | 0.68 | 3.622 | 0.692 | REFERENCIA |
| **FO04Ver06** | Ver06 | 0.78 | 1.00 | 0.70 | 0.61 | 3.088 | 0.590 | REFERENCIA |
| **MA22Oto05** | Oto05 | 0.38 | 1.00 | 0.70 | 0.80 | 2.882 | 0.550 | REFERENCIA |
| **MA18Pri06** | Pri06 | 0.83 | 1.00 | 1.10 | 1.83 | 4.759 | 0.909 | MUY BUENO |
| **MA18Oto05** | Oto05 | 0.89 | 1.00 | 1.10 | 1.55 | 4.536 | 0.866 | MUY BUENO |
| **MA23EstrePri06** | Pri06 | 0.95 | 1.00 | 0.90 | 1.42 | 4.276 | 0.817 | MUY BUENO |
| **MA23Estrewer05** | wer05 | 0.54 | 1.00 | 1.10 | 1.38 | 4.022 | 0.768 | BUENO |
| **MA18wer05** | wer05 | 0.43 | 1.00 | 1.00 | 1.46 | 3.898 | 0.744 | BUENO |
| **MA23EstreOto05** | Oto05 | 0.81 | 1.00 | 0.90 | 1.14 | 3.845 | 0.734 | BUENO |
| **EI01ZH02wer05** | wer05 | 0.91 | 0.53 | 1.00 | 1.18 | 3.626 | 0.692 | BUENO |
| **EI01ZH02Pri06** | Pri06 | 0.10 | 1.00 | 1.00 | 1.27 | 3.366 | 0.643 | BUENO |
| **EI01ZH01wer05** | wer05 | 0.70 | 0.29 | 1.10 | 1.01 | 3.102 | 0.592 | MODERADO |
| **FO02Ver06** | Ver06 | 1.60 | 0.00 | 0.90 | 0.60 | 3.094 | 0.591 | MODERADO |
| **EI01ZH02Oto05** | Oto05 | 0.53 | 1.00 | 0.70 | 0.68 | 2.910 | 0.556 | MODERADO |
| **FO03Pri06** | Pri06 | 0.10 | 1.00 | 0.60 | 1.14 | 2.841 | 0.542 | MODERADO |
| **EI01ZH01Oto05** | Oto05 | 0.48 | 0.29 | 1.10 | 0.97 | 2.839 | 0.542 | MODERADO |
| **MA18Ver06** | Ver06 | 0.23 | 1.00 | 0.70 | 0.86 | 2.795 | 0.534 | MODERADO |
| **MA23EstreVer06** | Ver06 | 0.16 | 1.00 | 0.60 | 0.89 | 2.646 | 0.505 | MODERADO |
| **FO03Ver06** | Ver06 | 0.00 | 1.00 | 0.60 | 0.91 | 2.506 | 0.479 | MODERADO |
| **EI01ZH02Ver06** | Ver06 | 0.00 | 0.76 | 0.70 | 0.87 | 2.327 | 0.444 | MODERADO |
| **FO03Oto05** | Oto05 | 0.00 | 0.94 | 0.20 | 1.18 | 2.319 | 0.443 | MODERADO |
| **FO03wer05** | wer05 | 0.00 | 1.00 | 0.50 | 0.54 | 2.036 | 0.389 | DEFCIENTE |
| **FO02Pri06** | Pri06 | 0.00 | 0.09 | 1.00 | 0.82 | 1.909 | 0.364 | DEFCIENTE |
| **EI01ZH01Ver06** | Ver06 | 0.10 | 0.15 | 0.80 | 0.75 | 1.801 | 0.344 | DEFCIENTE |
| **EI01ZH01Pri06** | Pri06 | 0.00 | 1.00 | 0.40 | 0.37 | 1.773 | 0.339 | DEFCIENTE |
| **FO02wer05** | wer05 | 0.00 | 0.20 | 0.80 | 0.75 | 1.754 | 0.335 | DEFCIENTE |
| **FO02Oto05** | Oto05 | 0.10 | 0.03 | 0.70 | 0.42 | 1.251 | 0.239 | DEFCIENTE |

Tabla 2.46. Valor del EQR-INVHMIB obtenido para cada muestra. ID=identificador; Gen Abund Ref= suma de las abundancias de los géneros presentes en referencia, ∑Ostrácodos= suma de ostrácodos, H Margalef = diversidad de Margalef; MM=multimétrico; EQR= índice de calidad ecológica. Las muestras aparecen ordenadas en orden descendente en función del EQR-INVHMIB.

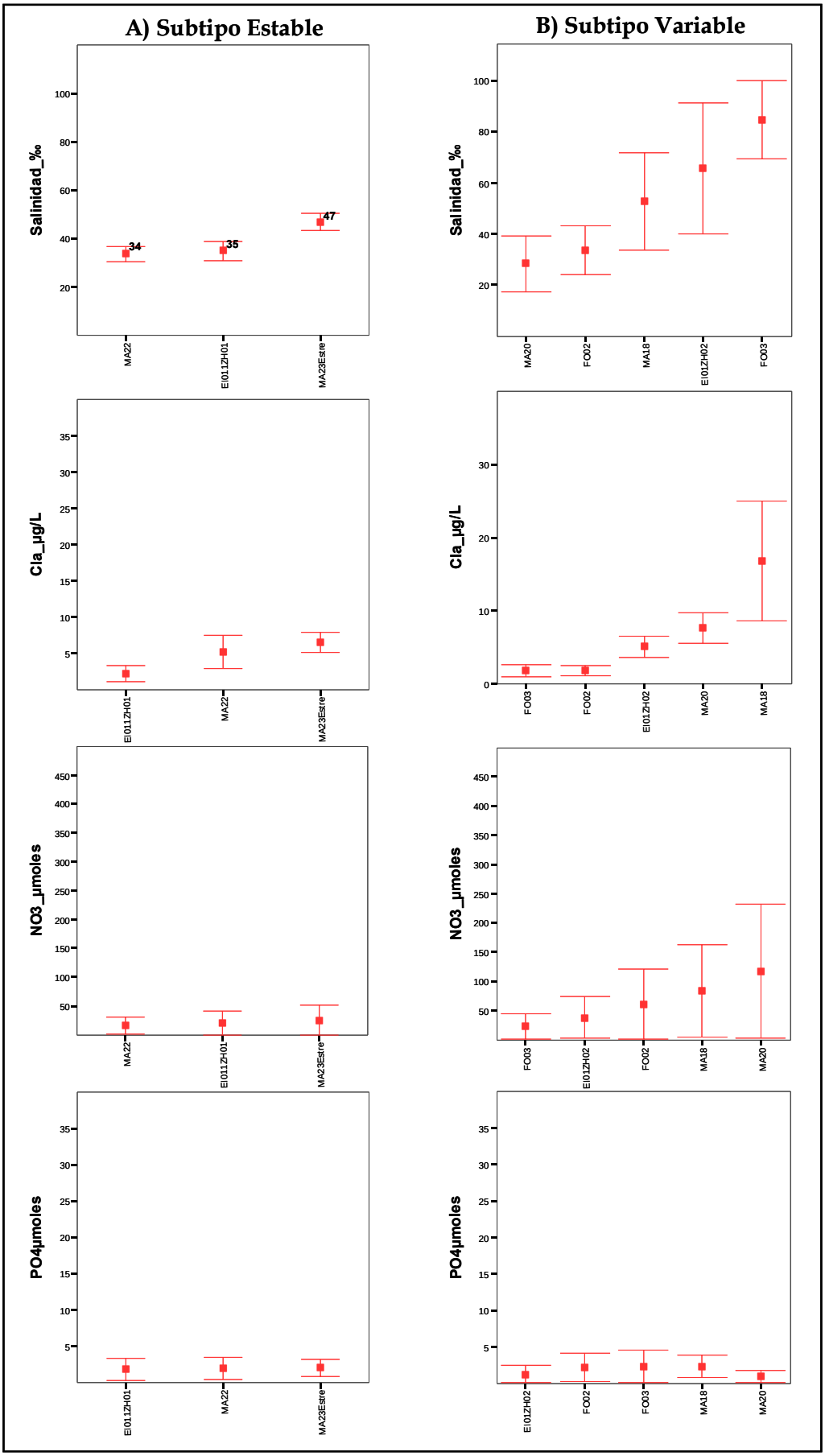
***Fitoplancton.-*** A efectos de reducir la variabilidad natural inherente en los tipos de humedales definidos en base a los cortes de salinidad propuestos (Apartado 2.6.1.2), y así reducir la elevada variabilidad presente en la estima de la clorofila y % de grupos del fitoplancton, los 3 tipos de salinidad se subdividieron (sólo a efectos del cálculo de los multimétricos) según la media y el rango de variación dentro del rango de salinidad del tipo. Así se diferencian dentro de cada tipo, 2 subtipos, uno de salinidad media y rango menor (mas estable), y otro de salinidad media y rango mayor (variable). Por ello, para el análisis del fitoplancton por tipo que se inicia a continuación, se suministra información sobre la subdivisión considerada para cada tipo, en dos subtipos estable y variable, a partir de los cuales se han elaborado los multimétricos. Cada subtipo está al menos caracterizado por las

muestras de un humedal de referencia (Tabla 2.47), y se suministra indicación de la variabilidad inherente en los mismos de los valores de Cl-*a* y nutrientes (Fig. 2.47).

| ID_Humedal | Subtipo Salinidad | Referencia | Conductividad | | | Salinidad | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Media | EE | Rango | Media | EE | Rango |
| **MA22** | estable | **si** | **49150,0** | 4451,7 | 14550,0 | **31,5** | 3,4 | 11,5 |
| **MA23Estre** | estable | | **67913,3** | 7071,4 | 23740,0 | **46,3** | 5,1 | 16,6 |
| **EI011ZH01** | estable | | **49916,7** | 6848,6 | 22600,0 | **32,7** | 5,0 | 16,7 |
| **MA20** | estable | **si** | **51585,0** | 15914,4 | 50255,0 | **34,6** | 12,5 | 39,3 |
| **FO04** | variable | **si** | **67116,7** | 25697,6 | 78725,0 | **50,6** | 25,9 | 77,6 |
| **FO02** | estable | | **52500,0** | 17154,8 | 52150,0 | **33,9** | 13,5 | 41,6 |
| **FO03** | variable | | **147516,7** | 57633,0 | 182050,0 | **84,1** | 21,6 | 71,5 |
| **MA18** | variable | | **96190,0** | 61580,8 | 195380,0 | **47,8** | 26,1 | 84,5 |
| **EI01ZH02** | variable | | **133200,0** | 62751,6 | 195350,0 | **79,0** | 30,7 | 97,4 |

Tabla 2.47. Subtipos de salinidad (estable y variable) según el valor medio y el rango de variabilidad anual de la salinidad y conductividad eléctrica para el tipo euhalino.

Figura 2.47. (*Pág. siguiente*) Valores medios y error típico de la media para distintas variables medioambientales en función de los subtipos definidos para las masas de agua del tipo euhalino: A) subtipo estable, menor variabilidad en la salinidad; B) subtipo variable, menor variabilidad en la salinidad.


A) Subtipo Estable
B) Subtipo Variable
Salinidad_‰
Cla_µg/L
NO3_µmoles
PO4µmoles
MA22
EI012H01
MA23Estre
34
35
47
MA20
FO02
MA18
EI012H02
FO03

***Multimétrico FITOHMIB:*** Para el cálculo del MIB del tipo Euhalino se seleccionaron dos métricos que cumplen los requerimientos normativos especificados por la DMA (anexo V, punto 1.2.3): biomasa fitoplanctónica expresada como clorofila *a* y composición (porcentaje de Oscillatoriales) (Tabla 2.48). La razón por la que se ha elegido este último métrico (% Oscillatoriales) en lugar del % de Cianobacterias, al igual que para los otros tipos, es porque este grupo es también dominante en aquellos humedales que de forma natural presentan una carga de nutrientes alta. Así, el uso de cianofíceas en este tipo no es capaz de discernir entre un aumento de nutrientes en el agua como consecuencia de posibles aportes humanos, y los que se encuentran de manera natural en algunas referencias de este tipo.

| Tipo de métrico | Métrico Mesohalino |
|---|---|
| Biomasa | Clorofila a |
| Composición | % Oscillatoriales |

Tabla 2.48. Relación de métricos seleccionados para la elaboración del multimétrico del tipo Euhalino

Como cabría esperar, el valor de los métricos individuales se correlacionó positivamente con el valor de EQR-FITOHMIB obtenido (Tabla 2.49). Para estudiar la calidad del MIB obtenido como indicador biológico, se hicieron correlaciones entre los valores de los métricos individuales y el valor del EQR-FITOHMIB con los ejes de presión identificados previamente. El valor del EQR-FITOHMIB obtenido se correlaciona con el gradiente de presión general identificado por el eje III del PCA realizado con los valores promedios de las variables introducidas (Tabla 2.49). Se observa que la Cl-*a* presenta mayor número de correlaciones con los gradientes de presión que el EQR-FITOHMIB. (Tabla 2.49).

| | Grad Trofico1 | Grad Trofico2 | Grad Trofico3 | media Grad Trofico1 | media Grad Trofico2 | media Grad Trofico3 | Grad General1 | Grad General2 | Grad General3 | media Grad General1 | media Grad General 2 | media Grad General 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **EQR** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | 0.07 | ns | 0.39 |
| **Clh-*a*** | ns | ns | 0.43 | ns | -0.57 | ns | ns | ns | ns | -0.27 | ns | -0.47 |
| **Cyanobacteria (%)** | ns | ns | 0.51 | ns | -0.35 | ns | ns | ns | 0.40 | -0.25 | ns | ns |
| **Oscillatoriales %** | ns | ns | 0.38 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | -0.11 | ns | ns |
| **Grad Trofico1** | - | ns | ns | ns | ns | ns | ns | -0.72 | -0.38 | 0.07 | ns | ns |
| **Grad Trofico2** | ns | - | ns | ns | ns | ns | 0.43 | ns | 0.75 | -0.04 | ns | ns |
| **media Grad Trofico1** | ns | ns | ns | - | ns | ns | ns | ns | ns | 0.56 | 0.76 | ns |
| **media Grad Trofico2** | ns | ns | -0.49 | ns | - | ns | ns | ns | ns | 0.65 | 0.04 | 0.42 |
| **media Grad Trofico3** | ns | ns | ns | ns | ns | - | ns | ns | ns | ns | ns | 0.76 |
| **Grad General1** | ns | 0.43 | -0.59 | ns | ns | ns | - | ns | ns | ns | ns | ns |
| **Grad General2** | -0.72 | 0.20 | -0.38 | ns | ns | ns | ns | - | ns | ns | ns | ns |
| **Grad General3** | -0.38 | 0.75 | 0.60 | ns | ns | ns | ns | ns | - | -0.38 | ns | ns |
| **media Grad General1** | ns | ns | -0.41 | 0.56 | 0.65 | ns | ns | ns | -0.38 | - | 0.38 | ns |
| **media Grad General 2** | ns | ns | ns | 0.76 | ns | ns | ns | ns | ns | 0.38 | - | ns |
| **media Grad General 3** | ns | ns | ns | ns | 0.42 | 0.76 | ns | ns | ns | 0.01 | ns | - |

Tabla 2.49. Tabla de correlación ente EQR-FITOHMIB y los métricos utilizados para el cálculo del multimétrico de fitoplancton para el tipo Euhalino, con los gradientes de presión generados con el PCA (ver texto). GradTrofico= Gradiente trófico por campañas; mediaGradTrofico= Gradiente trófico por medias; GradGenal =Gradiente General por campañas; mediaGradgenrl= Gradiente general por medias. Los números indican los ejes extraídos con el PCA. Se muestra el valor del coeficiente de correlación (*Rho Spearman*) obtenido entre dos variables. ns = correlaciones no significativas ($p > 0.05$).

Una vez comprobada la respuesta de los indicadores que componen el EQR-FITOHMIB para el tipo Euhalino, así como los cortes correspondientes a cada clase de estado ecológico (ver metodología general para el establecimiento de clases de estado, en el aparatado 2.5), se analiza el cambio que se produce en los valores del índice al disminuir la clase de estado ecológico. Aunque existe una segregación de las muestras a lo largo del gradiente en función del valor del EQR obtenido, esta no está muy clara. Se muestra la relación del EQR-FITOHMIB con el único gradiente de presión con el que se correlaciona, es el gradiente general obtenido con las valores promedios de las variables introducidas (eje III del PCA, mediaGradGeneral3). Este gradiente había sido identificado como un gradiente de eutrofización-salinización, relacionándose los mayores contenidos en nutrientes y Cl-*a* en las zonas húmedas menos salinizadas, condiciones que caracterizan a las refrencias del tipo (Fig. 2.48) (ver apartado 2.6.4.4.1.).

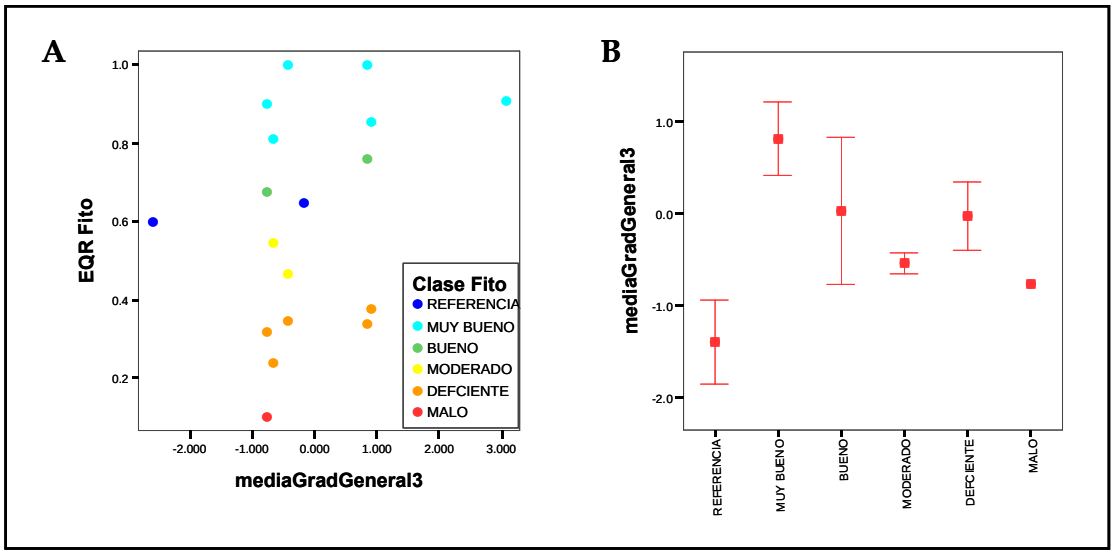



Figura 2.48. Correspondencia entre el gradiente de presión trófico obtenido con las medias (mediaGradGeneral3) y el EQR-INVHMIB en función de las clases de estado obtenidas para el tipo Euhalino. La figura muestra: A) diagrama de dispersión entre el valor del EQR-FITOHMIB y el valor del gradiente obtenido en cada punto; B) Barras de error de valor promedio del gradiente obtenido en función de las clases de estado.

Los cambios en el valor del EQR-FITOHMIB con la físico-química, y entre clases, son sólo apreciables para la peor clase, ya que la mayor parte de las muestras contrastadas con las referencias, se encuentran en el rango de variación que presentan las referencias (excluyendo FO004) (Tabla 2.50, Fig. 2.49).

| Variable | | Clase EQR Fitoplancton | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Referencia | Muy bueno | Bueno | Moderado | Deficiente | Malo |
| mediaPO4µmoles | Mediana | 1.221 | 0.193 | 1.174 | 0.982 | 0.253 | 2.154 |
| | Media | 1.280 | 0.551 | 1.174 | 0.982 | 0.888 | 2.154 |
| | EE | 0.242 | 0.209 | 0.981 | 0.730 | 0.433 | . |
| mediaCla_µg/L | Mediana | 9.605 | 2.716 | 10.493 | 4.140 | 3.638 | 19.661 |
| | Media | 8.539 | 4.231 | 10.493 | 4.140 | 6.581 | 19.661 |
| | EE | 1.437 | 1.346 | 9.169 | 1.424 | 3.342 | . |

Tabla 2.50. Tabla resumen del valor de aquellas variables medioambientales más correlacionadas con los valores de EQR-FITOHMIB obtenidos para el tipo Euhalino. Se muestran los valores medios, error típico de la media (EE, error estándar) y mediana para cada una de las 6 clases de estado definidas con el valor de EQR-FITOHMIB obtenido.

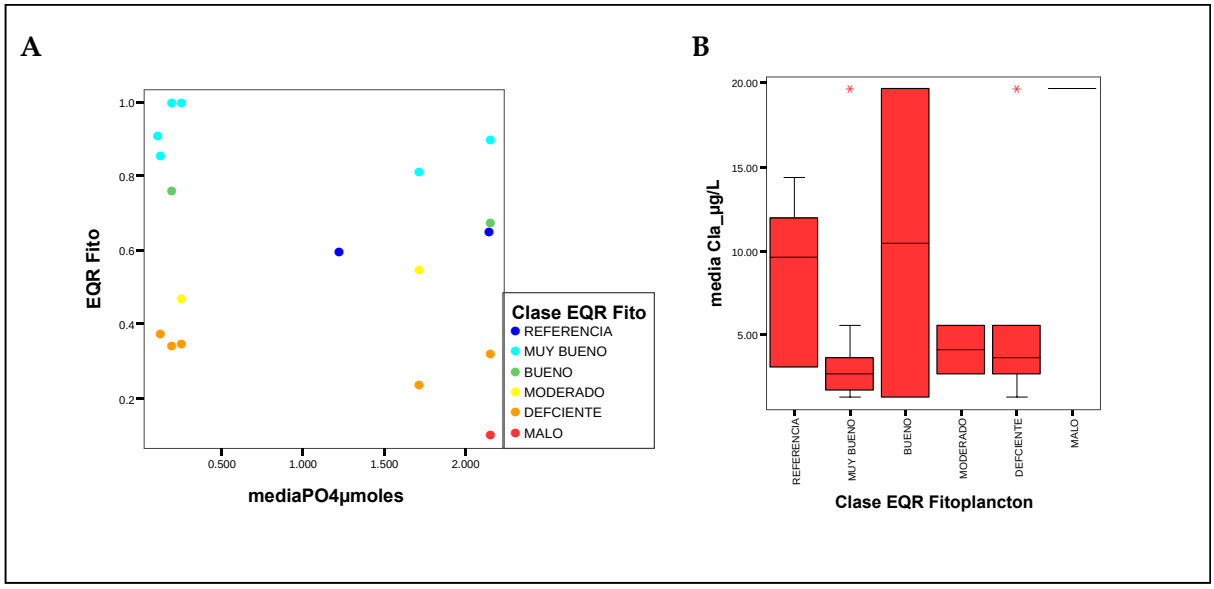



Figura 2.49. Cambio que se produce en el valor de ciertas variables medioambientales con las clases de estado. La figura muestra: A) grafico de dispersión para el valor promedio de fosfato y B) diagrama de caja para el valor promedio de la variable biomasa fitoplanctónica en forma de Cl-*a*, ambas variables seleccionadas por su mayor correlación con el EQR-FITOHMIB. La línea central en las cajas de la fig. B muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango.

El funcionamiento del los métricos componentes del multimétrico del fitoplancton para el tipo euhalino resultantes para cada clase de estado se puede observar en la Fig. 2.50. La respuesta del métrico (invertido) de la Cl-*a* se observa como disminuye para las clases peores, mientras que el % de Oscillatoriales (invertido) muestra una respuesta menos clara y variable entre clases, aunque discriminando la peor de las mismas.

Para comprobar si las clases del estado ecológico que han sido definidas por el EQR-FITOHMIB se corresponden con cambios en la composición y abundancia de las comunidades de fitoplancton. Se ha realizado una ordenación MDS con todas las muestras incluidas en este tipo (Fig. 2.51), adjudicándosele a cada muestra la clase en la que ha sido incluida según nuestro métrico (Tabla 2.51). En la ordenación se puede observar como la mayor parte de las muestras se encuentra incluida dentro del rango de variación en la composición de las referencias, indicando la necesidad de realizar la evaluación con valores medios a la vista de la alta variabilidad estacional de las campañas evaluadas de forma independiente (Fig. 2.51).

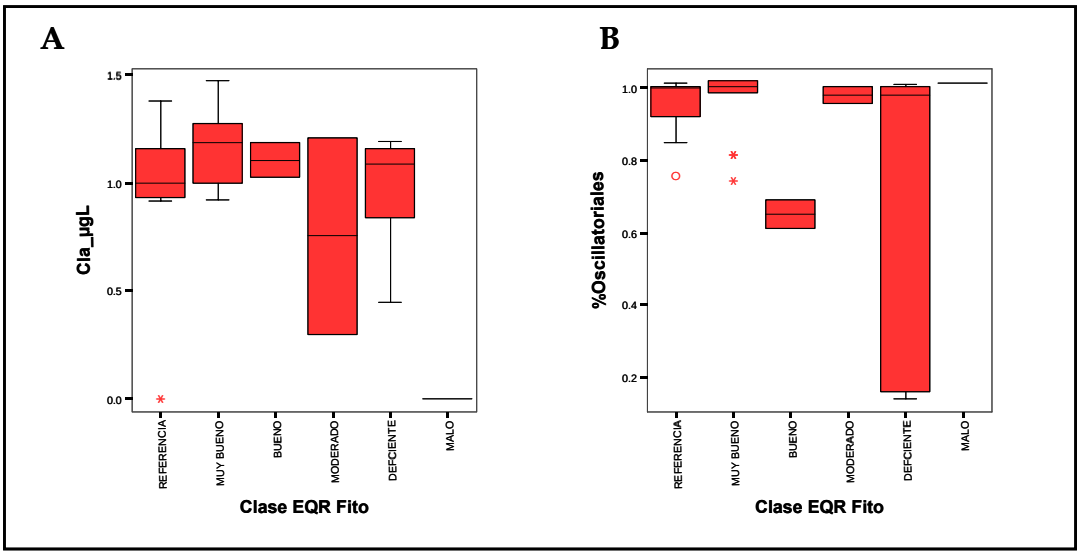



Figura 2.50. Cambio que se produce en el valor de los métricos individuales con las clases de estado. La figura muestra diagrama de caja para dos métricos indicadores: A) Biomasa fitoplantócnica en forma de clorofila *a*, y B) porcentaje de Oscillatoriales. La línea central en la caja muestra la mediana, las barras de error indican los valores que delimitan el 95% central de los datos. También se representan los valores extremos que caen fuera de este rango

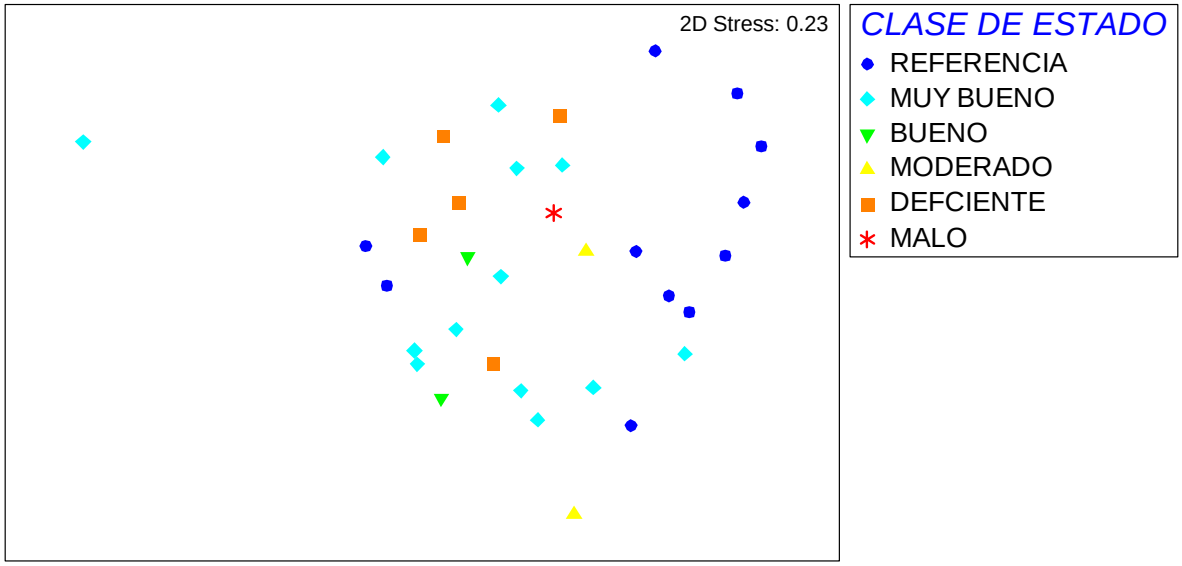



Figura 2.51. Ordenación MDS de las comunidades de fitoplancton a nivel de género de las todas las muestras incluidas en el tipo Euhalino. Las clases de estado ecológico son las correspondientes a la Tabla 2.51.

| ID | Cla_µgL | %Oscillatoriales | MM | EQR | Clase |
|---|---|---|---|---|---|
| MA20-Ver06 | 0.953 | 1.002 | 3.102 | 0.879 | REFERENCIA |
| MA22-Ver06 | 1.085 | 1.004 | 2.266 | 0.842 | REFERENCIA |
| MA20-Oto05 | 0.968 | 1.016 | 2.843 | 0.806 | REFERENCIA |
| MA22-Oto05 | 0.915 | 0.757 | 2.110 | 0.784 | REFERENCIA |
| MA22-Pri06 | 1.378 | 0.996 | 1.594 | 0.592 | REFERENCIA |
| MA22-wer05 | 0.000 | 1.004 | 1.004 | 0.373 | REFERENCIA |
| MA20-wer05 | 1.237 | 0.850 | 1.302 | 0.369 | REFERENCIA |
| MA20-Pri06 | 1.032 | 0.998 | 1.157 | 0.328 | REFERENCIA |
| FO04-Ver06 | | | | | REFERENCIA |
| FO04-Pri06 | | | | | REFERENCIA |
| FO04-Oto05 | | | | | REFERENCIA |
| EI01ZH01-Ver06 | 1.47 | 1.00 | 2.690 | 1.000 | MUY BUENO |
| FO03-Oto05 | 1.277 | 1.021 | 3.527 | 1.000 | MUY BUENO |
| FO02-Pri06 | 1.27 | 1.02 | 3.522 | 0.999 | MUY BUENO |
| FO02-Ver06 | 1.26 | 1.02 | 3.511 | 0.996 | MUY BUENO |
| EI01ZH01-wer05 | 1.452 | 1.004 | 2.670 | 0.992 | MUY BUENO |
| EI01ZH02-wer05 | 0.992 | 1.021 | 3.242 | 0.919 | MUY BUENO |
| MA18-Pri06 | 0.92 | 1.02 | 3.172 | 0.900 | MUY BUENO |
| FO03-Ver06 | 1.16 | 1.01 | 3.079 | 0.873 | MUY BUENO |
| FO03-Pri06 | 1.255 | 0.816 | 2.998 | 0.850 | MUY BUENO |
| EI01ZH02-Ver06 | 1.167 | 0.816 | 2.967 | 0.841 | MUY BUENO |
| MA23Estre-Pri06 | 0.997 | 0.989 | 2.191 | 0.814 | MUY BUENO |
| MA23Estre-Ver06 | 0.951 | 1.004 | 2.169 | 0.806 | MUY BUENO |
| EI01ZH02-Pri06 | 1.187 | 0.744 | 2.826 | 0.801 | MUY BUENO |
| FO02-wer05 | 1.185 | 0.692 | 2.680 | 0.760 | BUENO |
| MA18-wer05 | 1.03 | 0.61 | 2.378 | 0.674 | BUENO |
| MA23Estre-wer05 | 0.30 | 0.96 | 1.464 | 0.544 | MODERADO |
| EI01ZH01-Pri06 | 1.207 | 1.004 | 1.255 | 0.466 | MODERADO |
| EI01ZH02-Oto05 | 1.158 | 0.140 | 1.317 | 0.374 | DEFCIENTE |
| EI01ZH01-Oto05 | 0.839 | 1.004 | 0.929 | 0.345 | DEFCIENTE |
| FO02-Oto05 | 1.195 | 0.981 | 1.195 | 0.339 | DEFCIENTE |
| MA18-Ver06 | 1.090 | 1.013 | 1.124 | 0.319 | DEFCIENTE |
| MA23Estre-Oto05 | 0.448 | 0.158 | 0.636 | 0.237 | DEFCIENTE |
| MA18-Oto05 | 0.000 | 1.014 | 0.351 | 0.100 | MALO |

Tabla 2.51. Valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada muestra. (ID=identificador; Cla_µgL= clh-*a*; %Oscillatoriales = porcentaje de cianofíceas; MM=multimétrico; EQR= índice de calidad ecológica). Las muestras aparecen ordenadas en orden descendente en función del EQR-FITOHMIB.

## 2.6.6. Evaluación del estado ecológico e integración de las clases de estado

Con el objeto de realizar la evaluación integrada del estado ecológico de las zonas húmedas en base a los elementos biológicos del fitoplancton e invertebrados bentónicos se siguieron los siguientes pasos:

1. Evaluación de la indicación biológica estacional y anual de los elementos biológicos de calidad, invertebrados y fitoplancton
2. Integración de los dos elementos biológicos y propuesta de clase final del estado ecológico
3. Comprobación del estado físico-químico del buen estado y de las restantes clases

El procedimiento a seguir para evaluar las estaciones estudiadas en base a los elementos biológicos de calidad analizados han sido los siguientes:

• Se propone una *campaña óptima de muestreo* para cada elemento biológico analizado. Para ello se ha realizado la correlación entre el EQR obtenido en cada campaña de muestreo y el EQR medio (media de tres campañas del año hidrológico 2005-2006). La media anual se ha considerado el valor más integrador del estado ecológico real de cada punto estudiado. De forma que aquella/s campaña/s de muestreo cuyo valor de EQR presente la correlación más alta con el EQR medio, se considerará/n la más *óptima* para la evaluación del estado ecológico. Caso de que se den correlaciones altas para dos o incluso las tres campañas se propone el uso de la media de las mismas.

• Una vez calculado el valor de EQR *óptimo* para cada elemento biológico, se lleva a cabo la integración de los resultados obtenidos para el fitoplancton e invertebrados, de forma que aquéllas estaciones de muestreo cuyo EQR sea inferior a 0.5 para alguno de los dos elementos, se considerará que no "cumplen" con el estado Biológico, y se les asigna la peor de las dos clases de Estado calculadas para cada elemento. Esta clase se corresponde con la *Clase de Estado Ecológico final.*

Como ya se dijo en el apartado 2.5 (*Análisis de Datos)*, para el presente convenio se va a asumir un error en los cortes de la clasificación del estado ecológico del 10%. Por ello el corte de 0.6 entre el estado *Bueno* y *Moderado*, utilizado hasta el momento en el informe, se reemplazará por 0.5, a la espera de una futura validación con más datos y de la comparación con los resultados del ejercicio de intercalibración europeo.

Aunque la integración propiamente se ha realizado con los elementos biológicos de calidad, los datos físico-químicos han sido utilizados como herramienta para contrastar las *Clases de Estado Ecológico final* establecidas tras la integración. Se ha realizado una tabla resumen con los nutrientes y biomasa fitoplanctónica por tipo, para cada elemento biológico y por clase de estado ecológico.

### 2.6.6.1. Tipo OLIGOHALINO

***Invertebrados***.- El primer paso para evaluar una zona húmeda tomando los invertebrados como elemento biológico indicador, es definir el EQR-INVHMIB *óptimo de muestreo.* Para ello, una vez hemos calculado el EQR-INVHMIB de cada muestra y confirmado su respuesta a la presión (ver apartado 2.6.5.1), se calcula el EQR-INVHMIB medio (año hidrológico 2005-06) (Fig. 2.52). Para corroborar la/s campaña/s que pueden intuirse como *óptimos de muestreo*, se han realizado correlaciones entre el valor de los EQR-INVHMIB obtenido en cada campaña y el EQR-INVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (Tabla 2.52). Las correlaciones más altas, correspondieron a las campañas de primavera y verano del 2006 ($r$ = 0.83 y 0.88, respectivamente), por lo que se calculó la correlación entre la media del EQR-INVHMIB obtenido en estas dos campañas (EQR primavera-verano) y el EQR-INVHMIB medio del ciclo hidrológico, resultando un coeficiente de correlación mayor (Tabla 2.52). Así, se proponen estas dos campañas (primavera-verano) como óptimas para la evaluación del estado de los puntos y para su muestreo. El valor de EQR-INVHMIB medio de las dos campañas seleccionadas, será el que se utilice para hacer la evaluación del estado ecológico final de las zonas húmedas del tipo oligohalino en base a los invertebrados.

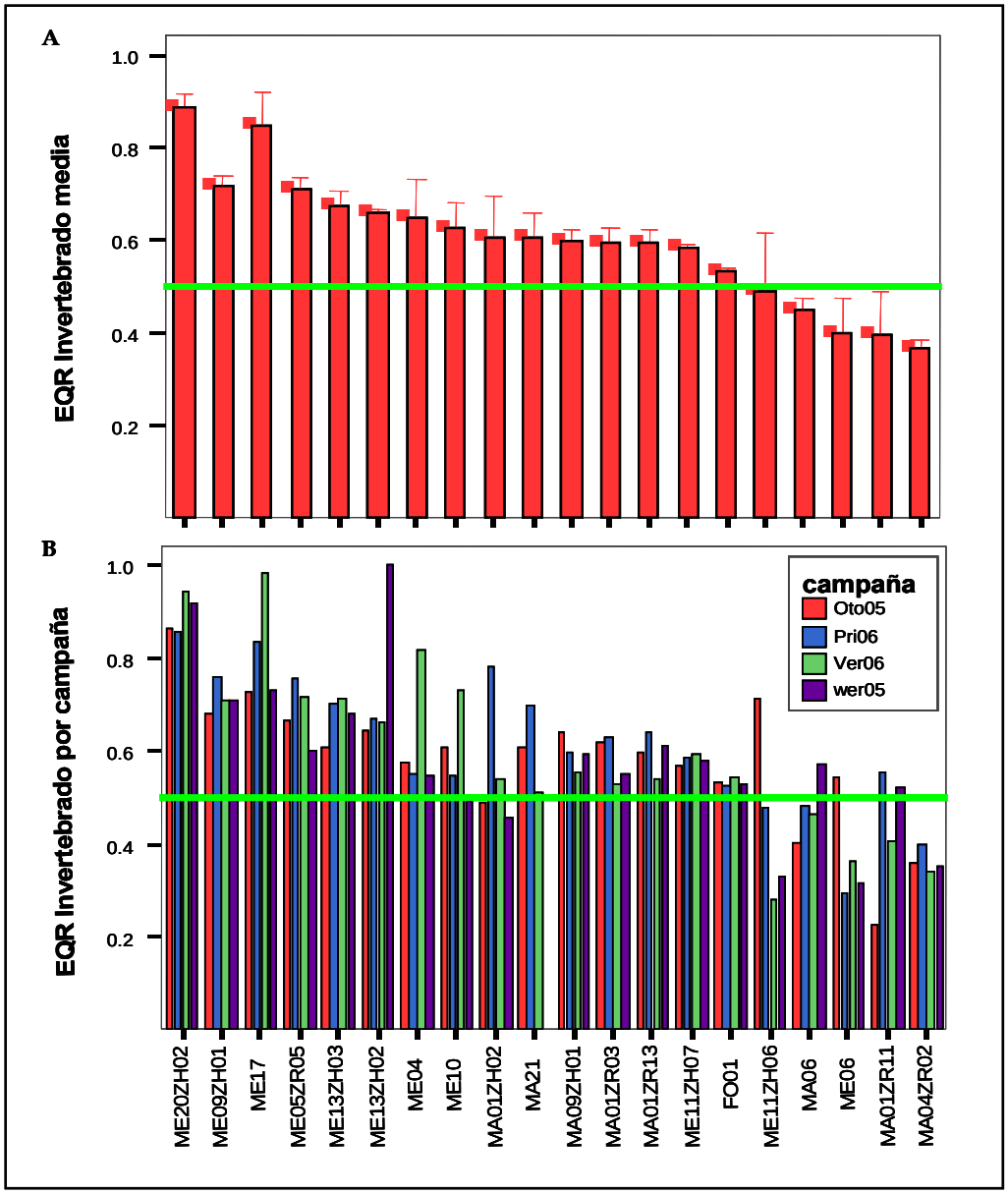



Figura 2.52. Distribución del valor de EQR-INVHMIB del tipo Oligohalino en las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQR-INVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (A) y el valor del EQR-INVHMIB obtenido para cada una de las campañas (B). Las estaciones de muestreo están ordenadas en orden decreciente en función del valor de EQR-INVHMIB medio. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR-INVHMIB = 0.5).

| Campañas | Correlación con EQR medio* |
|---|---|
| otoño 05 | 0.75 |
| primavera 06 | 0.83 |
| verano 06 | 0.88 |
| verano 05 | 0.75 |
| media pri-ver 06 | **0.97** |

Figura 2.52. Tabla de correlaciones entre el valor de EQR-INVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 y el valor del EQR-INVHMIB obtenido para cada una de las campañas. Dado que las correlaciones de las campañas de primavera y verano´06 tienen los coeficientes de correlación más altos se muestra también la correlación con el EQR-INVHMIB medio para estas dos campañas. La tabla muestra los coeficientes de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

***Fitoplancton***.- El primer paso para evaluar una zona húmeda tomando el fitoplancton como elemento biológico indicador, es definir el EQR-FITOHMIB *óptimo de muestreo*. Para ello, una vez hemos calculado el EQR-FITOHMIB de cada muestra y confirmado su respuesta a la presión (ver apartado 2.6.5.1), calculamos el EQR-FITOHMIB medio (año hidrológico 2005-06) (Fig. 2.53). Para corroborar la/s campaña/s que pueden intuirse como *óptimos de muestreo*, se han realizado correlaciones entre el valor de los EQR-FITOHMIB obtenido en cada campaña y el EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (Tabla 2.53). Las única correlación significativa se encontró en la campañas de otoño ($r = 0.66$) (Tabla 2.53). Con el fin de incrementar esa correlación se hicieron medias con la campaña de otoño y primavera y con la de primavera-verano, y se estudió la correlación con el EQR-FITOHMIB medio, tal y como se había hecho con las campañas individuales (Tabla 2.53). Como cabría esperar, las medias de las dos campañas dieron correlaciones significativas con el EQR-FITOHMIB medio anual, teniendo en ambos casos correlaciones muy similares (Tabla 2.53). Sin embargo, dada la variación presentada por el fitoplancton en las zonas húmedas estudiadas en este convenio, se propone usar la media anual, como *óptimo* de muestreo para evaluar del estado de las zonas húmedas.

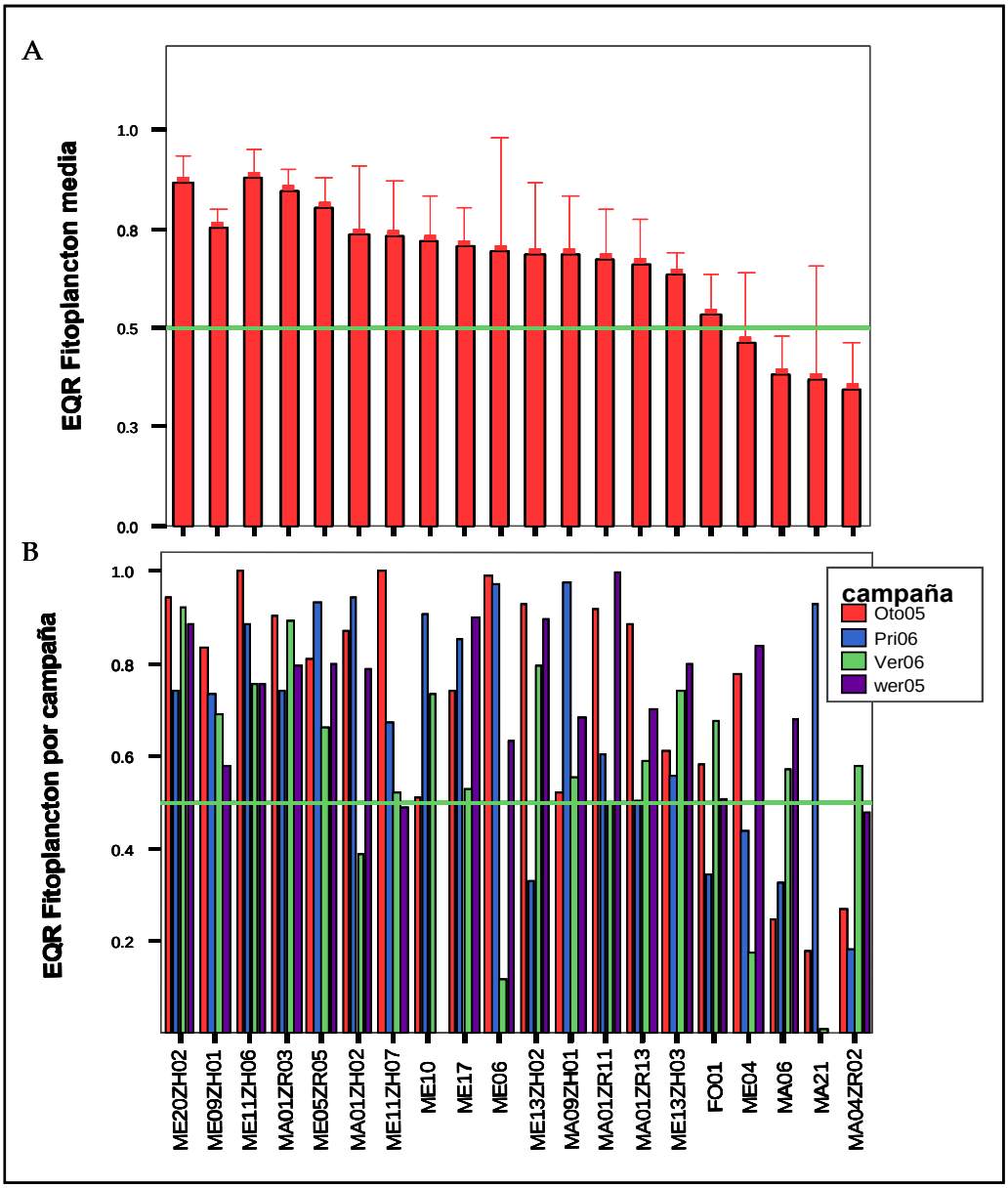



Figura 2.53. Distribución del valor de EQR-FITOHMIB de fitoplancton del tipo Oligohalino en las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (A) y el valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada una de las campañas (B). Las estaciones de muestreo están ordenadas en orden decreciente en función del valor de EQR-FITOHMIB medio. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR-FITOHMIB = 0.5).

| Campañas | Correlación con EQR medio* |
|---|---|
| otoño 05 | 0.66 |
| primavera 06 | *ns* |
| verano 06 | *ns* |
| verano 05 | *ns* |
| media pri-ver 06 | **0.88** |
| media oto-pri | 0.86 |

Tabla 2.53. Tabla de correlaciones entre el valor de EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 y el valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada una de las campañas. Dado que las correlaciones de las campañas de primavera y verano´06 tienen los coeficientes de correlación más altos se muestra también la correlación con el EQR-FITOHMIB medio para estas dos campañas. La tabla muestra los coeficientes de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

***Integración del Estado Ecológico en base a los Elementos Biológicos***.- Una vez analizados cada uno de los elementos biológicos de calidad por separado, se realiza la integración entre ambos elementos, utilizando los valores de EQR óptimos para cada elemento biológico discutidos en el punto anterior, lo cual permitirá obtener una clase final de estado ecológico (Fig. 2.54).

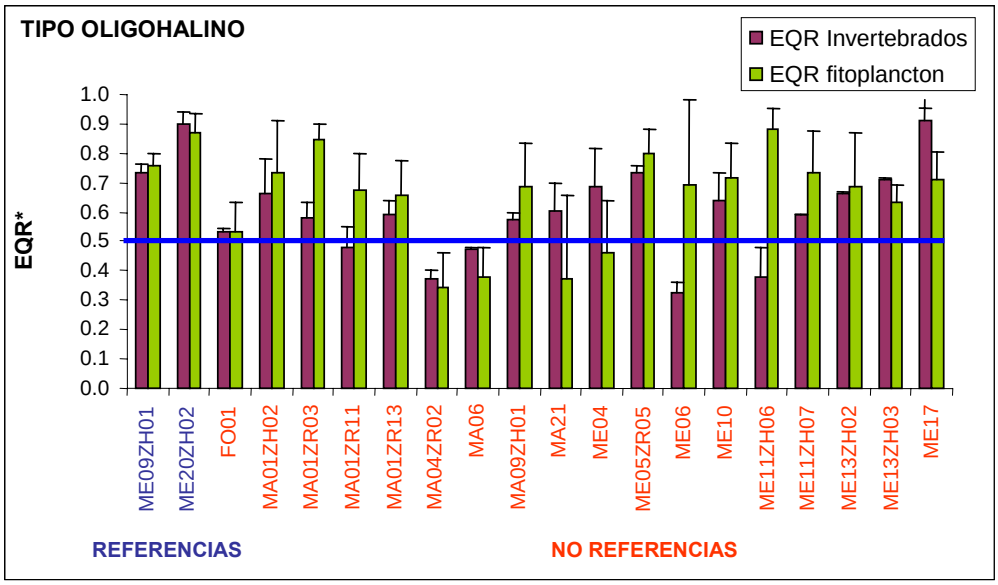



Figura 2.54. Distribución del valor medio de EQR en función de las estaciones de muestreo del tipo oligohalino. * La gráfica muestra el valor del EQRINVHMIB medio para las 2 campañas seleccionadas (primavera & verano) como óptimas para el muestreo de invertebrados y el EQRFITOHMIB medio de las 3 campañas correspondientes al ciclo anual 2005-2006 para el fitoplancton. La línea azul, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5).

Aquéllos puntos de muestreo cuyo EQR sea inferior a 0.5 (i.e., corte entre el estado bueno y moderado, ver apartado 2.7.1) para alguno de los dos elementos se considerará que no "cumplen" con el objetivo de calidad, y se les asigna la peor de las dos clases de Estado calculadas para cada elemento. Esta clase se corresponde con la *Clase de Estado Ecológico*. Se detecta, por lo general, que el multimétrico de fitoplancton tiende a evaluar de manera más positiva los puntos estudiados, siendo 13 (65% del total de puntos estudiados) los puntos a los que el fitoplancton les asigna una clase de estado por encima de la asignada en base a los invertebrados (Tabla 2.54). De lo contrario, son 7 (35%) los puntos a los que los invertebrados ha valorado por encima de la clase de estado asignada en base al fitoplancton (Tabla 2.54).

| Masa de agua | EQR invertebrado | EQR fitoplancton | EQR final | Clase Estado Ecológico |
|---|---|---|---|---|
| ME20ZH02 | 0.900 | 0.868 | 0.868 | REFERENCIA |
| ME09ZH01 | 0.734 | 0.755 | 0.734 | REFERENCIA |
| ME05ZR05 | 0.735 | 0.802 | 0.735 | BUENO |
| ME17 | 0.908 | 0.708 | 0.708 | BUENO |
| ME13ZH02 | 0.666 | 0.686 | 0.666 | BUENO |
| MA01ZH02 | 0.661 | 0.735 | 0.661 | BUENO |
| ME10 | 0.639 | 0.718 | 0.639 | BUENO |
| ME13ZH03 | 0.708 | 0.636 | 0.636 | BUENO |
| MA01ZR13 | 0.591 | 0.659 | 0.591 | BUENO |
| ME11ZH07 | 0.589 | 0.732 | 0.589 | BUENO |
| MA01ZR03 | 0.580 | 0.846 | 0.580 | BUENO |
| MA09ZH01 | 0.575 | 0.685 | 0.575 | BUENO |
| FO01 | 0.534 | 0.535 | 0.534 | BUENO |
| MA01ZR11 | 0.480 | 0.673 | 0.480 | MODERADO |
| ME04 | 0.684 | 0.464 | 0.464 | MODERADO |
| MA06 | 0.473 | 0.381 | 0.381 | DEFICIENTE |
| ME11ZH06 | 0.377 | 0.880 | 0.377 | DEFICIENTE |
| MA21 | 0.603 | 0.371 | 0.371 | DEFICIENTE |
| MA04ZR02 | 0.371 | 0.343 | 0.343 | DEFICIENTE |
| ME06 | 0.327 | 0.694 | 0.327 | DEFICIENTE |

Tabla 2.54. Valor de EQR obtenido en base a los dos componentes biológicos analizados en este estudio, el EQR final (equivalente al más bajo de los dos) y la clase de estado resultante para cada punto del tipo oligohalino.

Las tablas 2.55 y 2.56 suministran los valores de la composición físico-química que acompañan a las clases de estado ecológico para cada elemento biológico de calidad. Se representa un resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica por clase. La

discusión posterior sobre las clases finales de *Estado Ecológico* se apoyará en parte en estas tablas.

| CLASES de ESTADO ECOLÓGICO (invertebrados) | | $PO_4$ (µmoles) | $NO_3$ (µmoles) | NH4 (µmoles) | DIN (µmoles) | DIN/PO4 | SIO2 (mg/L) | Fe (mg/L) | $O_2$ (%) | Cl-*a* (µg/L) | AFDM (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| REFERENCIA | Media | 1.13 | 15.49 | 4.40 | 20.60 | 429.5 | 2.96 | 0.21 | 47.53 | 2.75 | 0.003 |
| | ES | 0.39 | 8.28 | 3.01 | 8.20 | 403.5 | 1.10 | 0.09 | 11.87 | 1.11 | 0.001 |
| | Mediana | 0.96 | 6.28 | 1.50 | 18.43 | 14.7 | 2.55 | 0.13 | 37.38 | 1.41 | 0.002 |
| | $P_{25}$ | 0.29 | 2.18 | 0.28 | 3.35 | 3.7 | 1.08 | 0.02 | 23.25 | 0.91 | 0.002 |
| | $P_{75}$ | 2.20 | 25.74 | 3.61 | 28.82 | 97.8 | 3.85 | 0.50 | 78.95 | 4.80 | 0.003 |
| MUY BUENO | Media | 0.56 | 4.10 | 0.28 | 4.49 | 27.7 | 3.41 | 0.20 | 102.57 | 2.70 | 0.002 |
| | ES | 0.42 | 4.09 | 0.00 | 4.09 | 13.8 | 1.47 | 0.15 | 34.80 | 1.73 | 0.001 |
| | Mediana | 0.28 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 38.2 | 4.06 | 0.10 | 92.20 | 1.77 | 0.002 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.3 | 0.61 | 0.00 | 48.15 | 0.29 | 0.001 |
| | $P_{75}$ | 1.38 | 12.27 | 0.28 | 12.66 | 44.5 | 5.57 | 0.50 | 167.35 | 6.05 | 0.003 |
| BUENO | Media | 4.12 | 117.24 | 6.15 | 124.49 | 413.3 | 4.94 | 0.22 | 77.02 | 9.42 | 0.010 |
| | ES | 0.90 | 28.65 | 2.11 | 28.80 | 303.9 | 0.77 | 0.04 | 6.33 | 2.14 | 0.003 |
| | Mediana | 2.21 | 24.36 | 0.39 | 45.56 | 26.7 | 3.29 | 0.15 | 70.00 | 3.91 | 0.005 |
| | $P_{25}$ | 0.37 | 1.09 | 0.28 | 7.46 | 3.4 | 2.03 | 0.02 | 54.70 | 0.95 | 0.003 |
| | $P_{75}$ | 5.91 | 206.28 | 4.94 | 211.59 | 94.3 | 7.04 | 0.50 | 88.48 | 11.95 | 0.010 |
| MODERADO | Media | 2.20 | 312.90 | 5.22 | 321.07 | 328.7 | 5.94 | 0.21 | 90.48 | 7.84 | 0.013 |
| | ES | 0.80 | 112.16 | 3.38 | 116.02 | 241.9 | 1.22 | 0.09 | 9.51 | 2.27 | 0.007 |
| | Mediana | 1.75 | 335.98 | 0.28 | 339.19 | 111.2 | 4.30 | 0.13 | 86.88 | 8.21 | 0.005 |
| | $P_{25}$ | 0.39 | 0.98 | 0.28 | 1.37 | 3.5 | 3.99 | 0.01 | 77.15 | 2.43 | 0.004 |
| | $P_{75}$ | 4.42 | 523.46 | 10.17 | 538.40 | 220.5 | 8.44 | 0.50 | 99.15 | 12.16 | 0.016 |
| DEFICIENTE | Media | 6.53 | 130.78 | 5.36 | 138.50 | 334.2 | 5.66 | 0.20 | 64.24 | 7.30 | 0.006 |
| | ES | 2.88 | 44.64 | 3.32 | 45.25 | 275.0 | 1.25 | 0.08 | 8.27 | 2.62 | 0.002 |
| | Mediana | 1.73 | 97.82 | 0.28 | 100.21 | 20.2 | 4.13 | 0.10 | 70.85 | 5.21 | 0.003 |
| | $P_{25}$ | 0.40 | 16.90 | 0.28 | 17.68 | 10.2 | 2.41 | 0.03 | 56.25 | 0.41 | 0.002 |
| | $P_{75}$ | 13.37 | 179.47 | 7.89 | 218.32 | 41.7 | 7.84 | 0.50 | 79.35 | 14.28 | 0.014 |

Tabla 2.55. Resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica estimados en función las clases de estado obtenidas para el tipo oligohalino tras la evaluación de los puntos estudiados en base a la comunidad de invertebrados.

| CLASES DE ESTADO (IFitoplancton) | | $PO_4$ (µmoles) | $NO_3$ (µmoles) | NH4 (µmoles) | DIN (µmoles) | DIN/PO4 | SIO2 (mg/L) | Fe (mg/L) | $O_2$ (%) | Cl-*a* (µg/L) | AFDM (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Referencia** | Media | 1.13 | 15.49 | 4.40 | 20.60 | 429.5 | 2.96 | 0.21 | 47.53 | 2.75 | 0.003 |
| | ES | 0.39 | 8.28 | 3.01 | 8.20 | 403.5 | 1.10 | 0.09 | 11.87 | 1.11 | 0.001 |
| | Mediana | 0.96 | 6.28 | 1.50 | 18.43 | 14.7 | 2.55 | 0.13 | 37.38 | 1.41 | 0.002 |
| | $P_{25}$ | 0.29 | 2.18 | 0.28 | 3.35 | 3.7 | 1.08 | 0.02 | 23.25 | 0.91 | 0.002 |
| | $P_{75}$ | 2.20 | 25.74 | 3.61 | 28.82 | 97.8 | 3.85 | 0.50 | 78.95 | 4.80 | 0.003 |
| **Muy bueno** | Media | 2.75 | 114.13 | 4.36 | 119.58 | 423.0 | 4.58 | 0.21 | 90.37 | 2.78 | 0.004 |
| | ES | 1.04 | 49.21 | 3.11 | 49.02 | 274.7 | 0.95 | 0.07 | 10.80 | 1.18 | 0.001 |
| | Mediana | 0.72 | 18.47 | 0.28 | 47.70 | 41.7 | 4.13 | 0.10 | 75.95 | 1.19 | 0.002 |
| | $P_{25}$ | 0.22 | 8.35 | 0.28 | 9.22 | 8.6 | 2.32 | 0.03 | 67.95 | 1.12 | 0.002 |
| | $P_{75}$ | 5.56 | 238.50 | 0.28 | 249.82 | 373.7 | 6.61 | 0.50 | 113.50 | 3.23 | 0.005 |
| **Bueno** | Media | 4.57 | 160.65 | 4.07 | 166.39 | 467.8 | 4.84 | 0.21 | 72.55 | 6.84 | 0.008 |
| | ES | 1.19 | 37.06 | 1.17 | 37.63 | 332.6 | 0.80 | 0.04 | 6.37 | 1.39 | 0.004 |
| | Mediana | 1.56 | 43.84 | 0.44 | 46.66 | 36.0 | 3.77 | 0.10 | 69.40 | 3.62 | 0.004 |
| | $P_{25}$ | 0.28 | 1.90 | 0.28 | 7.35 | 4.2 | 2.41 | 0.02 | 49.60 | 0.72 | 0.002 |
| | $P_{75}$ | 5.59 | 241.50 | 4.83 | 242.84 | 103.3 | 5.73 | 0.50 | 88.40 | 10.15 | 0.006 |
| **Deficiente** | Media | 2.76 | 49.20 | 7.19 | 57.28 | 16.6 | 6.30 | 0.22 | 89.34 | 17.03 | 0.017 |
| | ES | 0.71 | 33.69 | 4.12 | 33.13 | 7.2 | 1.51 | 0.07 | 13.40 | 4.94 | 0.004 |
| | Mediana | 2.49 | 9.42 | 0.28 | 17.68 | 10.2 | 7.47 | 0.15 | 80.30 | 14.28 | 0.015 |
| | $P_{25}$ | 1.05 | 0.40 | 0.28 | 8.06 | 3.5 | 2.25 | 0.03 | 70.85 | 8.20 | 0.014 |
| | $P_{75}$ | 4.17 | 16.90 | 7.89 | 44.82 | 20.2 | 8.65 | 0.50 | 93.45 | 15.20 | 0.017 |
| **Moderado** | Media | 7.16 | 171.91 | 21.24 | 195.11 | 182.3 | 5.62 | 0.22 | 63.38 | 18.71 | 0.009 |
| | ES | 3.61 | 30.72 | 20.96 | 44.14 | 165.3 | 1.38 | 0.15 | 16.31 | 15.05 | 0.002 |
| | Mediana | 8.32 | 194.65 | 0.28 | 210.57 | 20.6 | 5.37 | 0.15 | 72.50 | 4.21 | 0.010 |
| | $P_{25}$ | 0.41 | 111.11 | 0.28 | 112.11 | 13.5 | 3.37 | 0.00 | 31.70 | 3.12 | 0.005 |
| | $P_{75}$ | 12.77 | 209.97 | 63.17 | 262.66 | 512.9 | 8.14 | 0.50 | 85.95 | 48.80 | 0.011 |

Tabla 2.56. Resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica estimados en función las clases de estado obtenidas para el tipo Oligohalino tras la evaluación de los puntos estudiados en base a la comunidad de fitoplancton.

Los puntos donde se detecta una mayor diferencia en cuanto a la valoración proporcionada por los dos componentes biológicos son ME11ZH06, ME06 y MA21. En el caso de ME11ZH06 (Gola de Binimellà), el fitoplancton lo evalúa como *Muy buen estado* y los invertebrados como *Deficiente*. En este caso parece que el fitoplancton es un indicador más adecuado, hecho que se refleja en que los niveles de Cl-*a* presentan poca variabilidad intra-anual y unos niveles óptimos (media anual = 2.15 ± 1.56 (EE)), correspondientes a los niveles esperados en las referencias (*Anexo 2.II*, Tabla 2.56). La zona húmeda ME06 se corresponde con la Gola del Torrent de Trebaluger y en este caso parece que se ha producido una sobre-valoración por parte del fitoplancton, ya que tanto el promedio de Cl-*a* como la variabilidad anual presentan unos valores mayores de los que les correspondería al *Buen estado* (media anual = 7.36 ± 7.01 (EE) (*Anexo 2.II,* Tabla 2.56). Respecto al punto MA21, correspondiente al Estany des Tamarells, parece que son los invertebrados quienes sobrevaloran a esta zona húmeda, ya que presenta tanto una elevada carga de nutrientes como unos niveles de Cl-*a* elevados

(media anual = 28.15 ± 13.76 (EE), correspondientes a los niveles esperados en un estado *Deficiente,* tal y como ha sido evaluado en base al fitoplancton.

De forma general, para todas las variables de la tablas 2.55 y 2.56, se observa una tendencia de aumento gradual desde las clases en mejor estado ecológico hacia las clases en peor estado. Esta tendencia resulta más evidente para el fitoplancton, ya que es el elemento biológico, de los dos aquí estudiados, más sensibles a este tipo de presiones tróficas. Las *referencias* presentan unos niveles y una variabilidad tanto para nutrientes como para Cl-*a* bajo, los cuales van aumentado gradualmente, conforme la clase de estado ecológico empeora. Llama la atención algunos valores elevados de nutrientes, en la clase de estado *Bueno,* que en ocasiones, llega a superar a la clase *Moderado*, se recuerda, que para la integración el valor de corte entre las clases *Bueno/Moderado* se ha establecido en 0.5, asumido un error del 10%, como se explicó al inicio de este apartado. De esta forma, en la clase de estado *Bueno* han podido ser incluidas muestras que podrían pertenecer al estado *Moderado.* Se asume esta posibilidad y se esperará a la realización de estudios futuros, y a los resultados del ejercicio de inetrcalibración europeo de aguas de transición del mediterráneo, para resolver los cortes entre clases de estado ecológico definitivos.

Así, de los 20 puntos estudiados pertenecientes al tipo Oligohalino, 7 (35%) no cumplen los requisitos de la DMA, ya sea por un elemento u otro: MA01ZR011, MA04ZR02, MA06, MA21, ME04, ME06, ME11ZH06 (Tabla 2.54). Por lo tanto, podría decirse que en general la valoración del tipo oligohalino es buena, ya que el 65% de sus masas de aguas superan los requisitos de la DMA: 10% referencias, 55% buenas, 10% moderadas y 25% deficientes (Fig. 2.55).

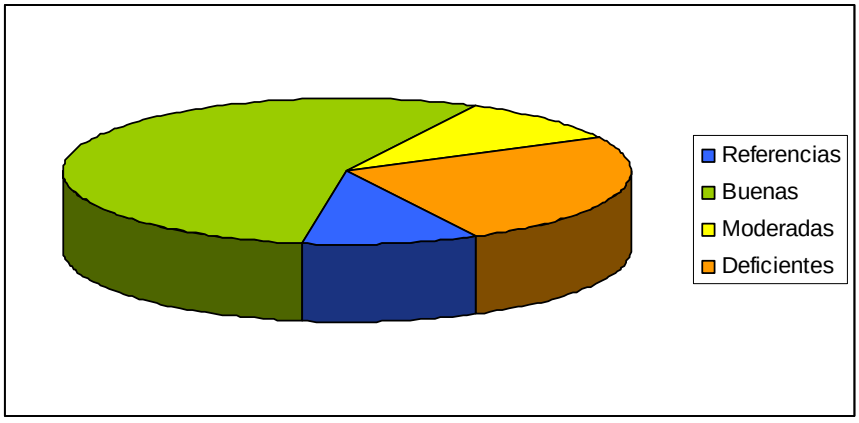



Figura 2.55. Evaluación del Estado Ecológico final de los puntos de las zonas húmedas de las Islas Baleares incluidas dentro del tipo Oligohalino. El gráfico muestra porcentaje de cada clase ecológica con respecto al total de puntos estudiados.

### 2.6.6.2. Tipo MESOHALINO

***Invertebrados.-*** El primer paso para evaluar una zona húmeda tomando los invertebrados como elemento biológico indicador, es definir el EQR-INVHMIB *óptimo de muestreo.* Para ello, una vez hemos calculado el EQR-INVHMIB de cada muestra y confirmado su respuesta a la presión (ver apartado 2.6.5.2), se calcula el EQR-INVHMIB medio (año hidrológico 2005-06) (Fig. 2.56). Para corroborar la/s campaña/s que pueden intuirse como *óptimos de muestreo*, se han realizado correlaciones entre el valor de los EQR-INVHMIB obtenido en cada campaña y el EQR-INVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (Tabla 2.57). Las correlaciones más altas, correspondieron a las campañas de otoño, verano y primavera del 2006 ($r$ = 0.93, 0.89 y 0.73, respectivamente). Siguiendo el mismo criterio que se siguió para el tipo Oligohalino, debería hacerse una correlación con las media de las dos campañas que resultaron más correlacionadas con el EQR-INVHMIB medio anual, esto es las campañas de otoño y verano. Sin embargo, se propone seguir utilizando como *óptimos* de muestreo y evaluación, las campañas de verano y primavera (con una correlación también elevada), ya que tanto desde el punto de vista práctico como funcional resulta más coherente realizar los muestreos de invertebrados en la misma época para todos los tipos. Además, como se verá en el siguiente apartado, las campañas seleccionadas para el tipo Euhalino coinciden con las del tipo Oligohalino. Tomada esta decisión, se calculó la correlación entre la media del EQR-INVHMIB obtenido en estas dos campañas, primavera y verano (EQR-INVHMIB primv-ver) y el EQR-INVHMIB medio del ciclo hidrológico, resultando un coeficiente de correlación mayor (Tabla 2.57). Así, se proponen estas dos campañas como óptimas para evaluación de los puntos y muestreos, y este valor de EQR-INVHMIB medio de las dos campañas seleccionadas, primavera y verano, será el que se utilice como componente de invertebrado, para hacer la evaluación del estado ecológico de las zonas húmedas del tipo Mesohalino para los invertebrados.

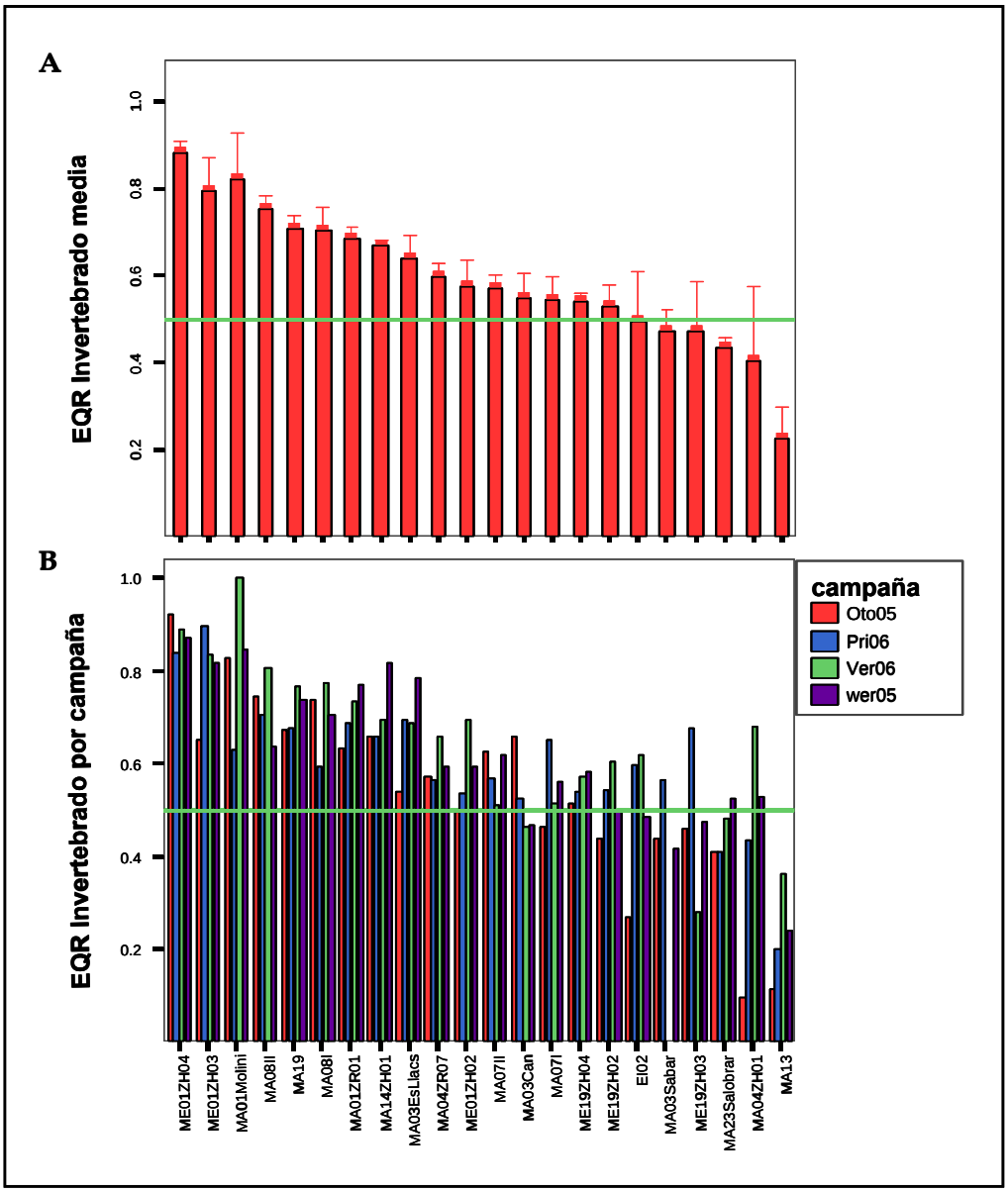



Figura 2.56. Distribución del valor de EQR-INVHMIB de invertebrados del tipo Mesohalino en las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQR-INVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (A) y el valor del EQR obtenido para cada una de las campañas (B). Las estaciones de muestreo están ordenadas en orden decreciente en función del valor de EQR-INVHMIB medio. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5).

| Campañas | Correlación con EQR medio* |
|---|---|
| otoño 05 | 0.93 |
| primavera 06 | 0.73 |
| verano 06 | 0.89 |
| verano 05 | 0.87 |
| media pri-ver 06 | **0.92** |

Tabla 2.57. Tabla de correlaciones entre el valor de EQR-INVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 y el valor del EQR-INVHMIB obtenido para cada una de las campañas. La tabla muestra los coeficientes de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

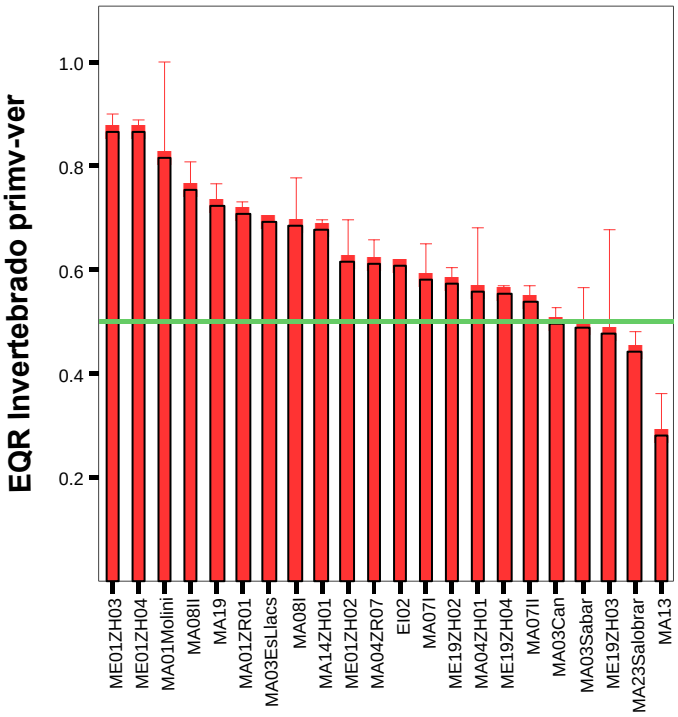



Figura 2.57. Distribución del valor de EQR-INVHMIB en función de las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQR-INVHMIB medio para las 2 campañas seleccionadas (primavera & verano) como óptimas (ver texto). La línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR-INVHMIB = 0.5).

***Fitoplancton.-*** El primer paso para evaluar una zona húmeda tomando el fitoplancton como elemento biológico indicador, es definir el EQR-FITOHMIB *óptimo de muestreo*. Para ello, una vez hemos calculado el EQR-FITOHMIB de cada muestra y confirmado su respuesta a la presión (ver apartado 2.6.5.2), calculamos el EQR-FITOHMIB medio (año hidrológico 2005-06) (Fig. 2.58). Para corroborar la/s campaña/s que pueden intuirse como *óptimos de muestreo*, se han realizado correlaciones entre el valor de los EQR-FITOHMIB obtenido en cada campaña y el EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (Tabla 2.58). Las correlaciones más altas, correspondieron a las campañas de otoño'05 y primavera'06 ($r$ = 0.75, para ambas) (Tabla 2.58). Con el fin de incrementar esa correlación se hicieron medias con la campaña de otoño y primavera y con la de primavera-verano, y se estudió la correlación con el EQR-FITOHMIB medio, tal y como se había hecho con las campañas individuales (Tabla 2.58). Como cabría esperar, las medias de las dos campañas dieron correlaciones significativas con el EQR-FITOHMIB medio anual, teniendo en ambos casos correlaciones muy similares (Tabla 2.58). Aún así, y para este presente convenio, dada la variación presentada por el fitoplancton en los humedales estudiados, se propone usar la media, como *óptimo* de muestreo y evaluación del estado de las zonas húmedas.

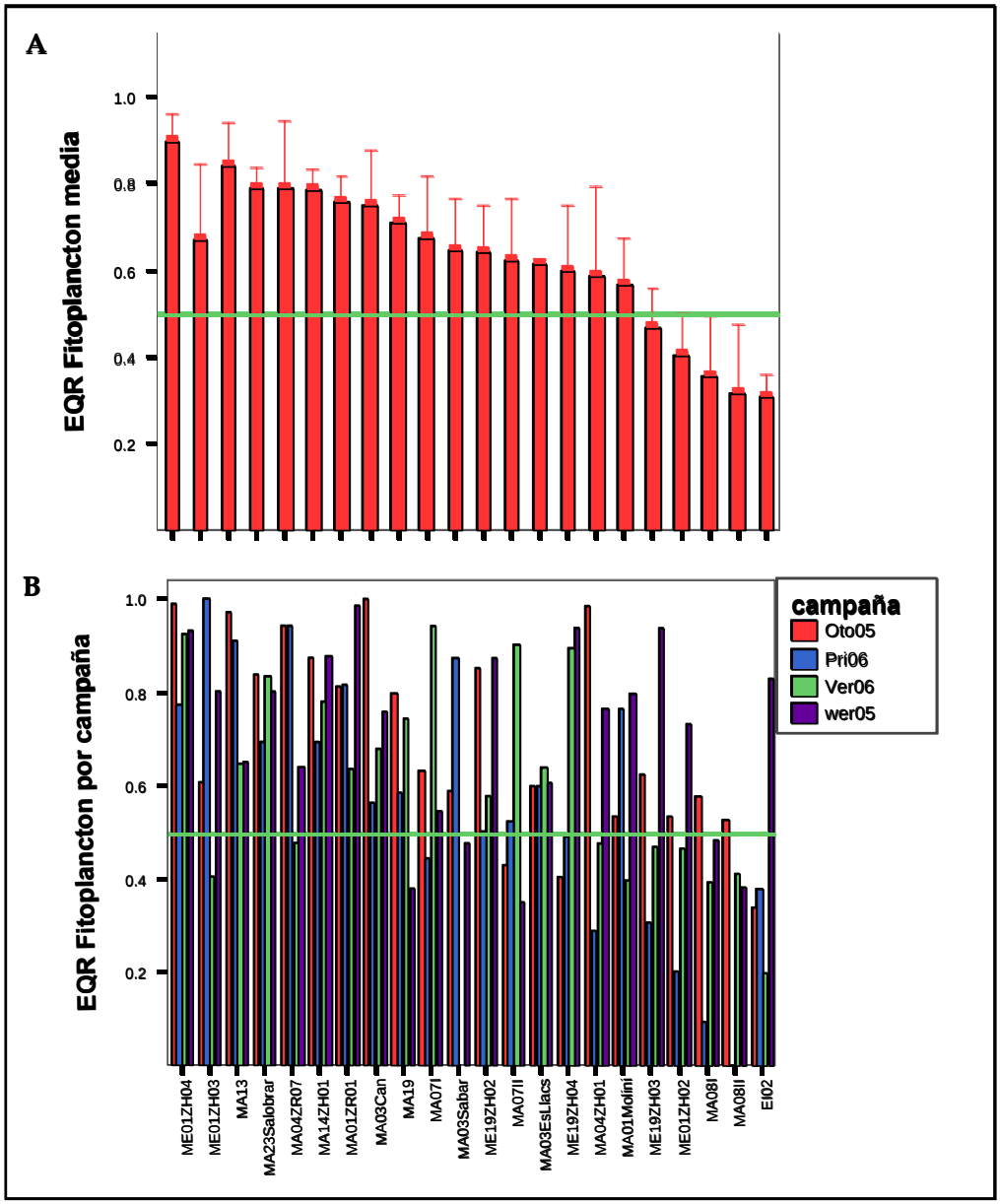



Figura 2.58. Distribución del valor de EQR-FITOHMIB de fitoplancton del tipo Mesohalino en las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (A) y el valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada una de las campañas (B). Las estaciones de muestreo están ordenadas en orden decreciente en función del valor de EQR-FITOHMIB medio. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR-FITOHMIB = 0.5).

| Campañas | Correlación con EQR medio* |
|---|---|
| otoño 05 | 0.75 |
| primavera 06 | 0.75 |
| verano 06 | 0.65 |
| verano 05 | *ns* |
| media pri-ver 06 | 0.90 |
| media oto-pri | 0.90 |

Tabla 2.58. Tabla de correlaciones entre el valor de EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 y el valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada una de las campañas. Dado que las correlaciones de las campañas de otoño'05 y primavera´06 tienen los coeficientes de correlación más altos se muestra también la correlación con el EQR-FITOHMIB medio para estas dos campañas. La tabla muestra los coeficientes de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

***Integración del Estado Ecológico en base a los Elementos Biológicos***.- Una vez analizados cada uno de los elementos biológicos de calidad por separado, se realiza la integración entre ambos, utilizando los valores de EQR óptimos para cada elemento biológico discutidos en el punto anterior, lo cual permitirá obtener una clase final de estado ecológico (Fig. 2.59).

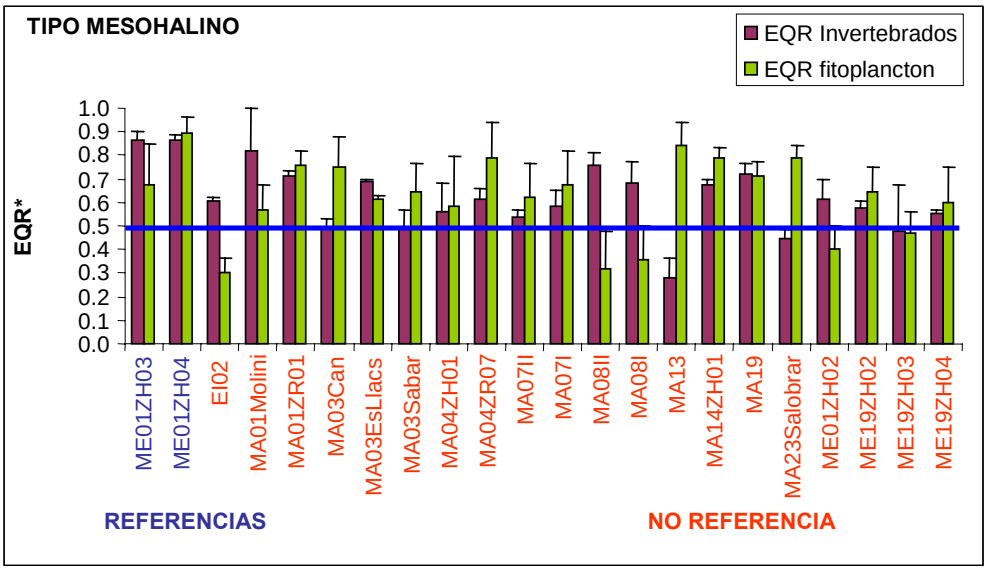



Figura 2.59. Distribución del valor medio de EQR en función de las estaciones de muestreo del tipo mesohalino. * La gráfica muestra el valor del EQR-INVHMIB medio para las 2 campañas seleccionadas (primavera & verano) como óptimas para el muestreo de invertebrados y el EQR-FITOHMIB medio de las 3 campañas correspondientes al ciclo anual 2005-2006 para el fitoplancton. La línea azul, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR = 0.5).

Aquellas estaciones de muestreo cuyo EQR sea inferior a 0.5 (i.e., corte entre el estado bueno y moderado, ver apartado 2.6.6) para alguno de los dos elementos se considerará que no "cumplen" con el estado Biológico, y se les asigna la peor de las dos clases de Estado calculadas para cada elemento. Esta clase se corresponde con la *Clase de Estado Ecológico* (Tabla 2.59).

| Masa de agua | EQR invertebrado | EQR fitoplancton | EQR final | Clase Estado Ecológico |
|---|---|---|---|---|
| ME01ZH04 | 0.864 | 0.897 | 0.864 | REFERENCIA |
| ME01ZH03 | 0.867 | 0.671 | 0.671 | REFERENCIA |
| MA19 | 0.723 | 0.711 | 0.711 | BUENO |
| MA01ZR01 | 0.710 | 0.756 | 0.710 | BUENO |
| MA14ZH01 | 0.676 | 0.784 | 0.676 | BUENO |
| MA03EsLlacs | 0.692 | 0.614 | 0.614 | BUENO |
| MA04ZR07 | 0.611 | 0.788 | 0.611 | BUENO |
| MA07I | 0.582 | 0.674 | 0.582 | BUENO |
| ME19ZH02 | 0.573 | 0.644 | 0.573 | BUENO |
| MA01Molini | 0.815 | 0.567 | 0.567 | BUENO |
| MA04ZH01 | 0.558 | 0.585 | 0.558 | BUENO |
| ME19ZH04 | 0.555 | 0.598 | 0.555 | BUENO |
| MA07II | 0.540 | 0.621 | 0.540 | BUENO |
| MA03Can | 0.495 | 0.748 | 0.495 | MODERADO |
| MA03Sabar | 0.491 | 0.647 | 0.491 | MODERADO |
| ME19ZH03 | 0.477 | 0.468 | 0.468 | MODERADO |
| MA23Salobrar | 0.445 | 0.790 | 0.445 | MODERADO |
| ME01ZH02 | 0.616 | 0.402 | 0.402 | MODERADO |
| MA08I | 0.685 | 0.356 | 0.356 | DEFICIENTE |
| MA08II | 0.756 | 0.315 | 0.315 | DEFICIENTE |
| EI02 | 0.607 | 0.306 | 0.306 | DEFICIENTE |
| MA13 | 0.282 | 0.843 | 0.282 | DEFICIENTE |

Tabla 2.59. Valor de EQR obtenido en base a los dos componentes biológicos analizados en este estudio, el EQR final (equivalente al más bajo de los dos) y la clase de estado resultante para cada punto del tipo mesohalino.

Se detecta, por lo general, que el multimétrico de fitoplancton tiende a evaluar de manera más positiva los puntos estudiados, siendo 13 (59% del total de puntos estudiados) los puntos a los que el fitoplancton les asigna una clase de estado por encima de la asignada en base a los invertebrados (Tabla 2.59), y son 9 (41%) los puntos a los que los invertebrados han valorado por encima de la clase de estado asignada en base al fitoplancton (Tabla 2.59).

Las siguientes tablas (Tabla 2.60 y 2.61) muestras el resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en función de las clases de estado, para cada elemento biológico de calidad. La discusión posterior sobre las clases finales de *Estado Ecológico* se apoyará en parte en estas tablas.

| CLASES DE ESTADO (Invertebrados) | | | $PO_4$ (µmoles) | $NO_3$ (µmoles) | NH4 (µmoles) | DIN (µmoles) | DIN/PO4 | SIO2 (mg/L) | Fe (mg/L) | $O_2$ (%) | Cl-*a* (µg/L) | AFDM (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Referencia** | Media | 0.84 | 0.02 | 0.91 | 1.03 | 73.2 | 0.87 | 0.21 | 90.13 | 2.26 | 0.004 |
| | | ES | 0.43 | 0.00 | 0.63 | 0.63 | 65.1 | 0.28 | 0.09 | 12.61 | 0.74 | 0.001 |
| | | Mediana | 0.35 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 1.6 | 0.82 | 0.10 | 89.50 | 1.84 | 0.004 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.2 | 0.30 | 0.03 | 70.80 | 0.87 | 0.002 |
| | | $P_{75}$ | 2.04 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 38.2 | 1.54 | 0.50 | 108.20 | 4.09 | 0.004 |
| | **Muy bueno** | Media | 2.56 | 242.24 | 0.54 | 243.34 | 18915.5 | 3.48 | 0.20 | 78.25 | 5.86 | 0.006 |
| | | ES | 2.55 | 178.42 | 0.26 | 178.75 | 18711.3 | 0.74 | 0.15 | 12.17 | 1.71 | 0.001 |
| | | Mediana | 0.01 | 131.69 | 0.28 | 132.86 | 391.7 | 4.13 | 0.10 | 89.10 | 5.93 | 0.007 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 3.69 | 0.28 | 4.12 | 17.3 | 1.99 | 0.01 | 53.95 | 2.87 | 0.004 |
| | | $P_{75}$ | 7.67 | 591.34 | 1.06 | 593.02 | 56337.3 | 4.31 | 0.50 | 91.70 | 8.79 | 0.007 |
| | **Bueno** | Media | 1.35 | 40.01 | 5.29 | 46.10 | 602.0 | 2.37 | 0.21 | 91.75 | 8.58 | 0.013 |
| | | ES | 0.30 | 16.77 | 1.95 | 16.78 | 257.4 | 0.55 | 0.03 | 3.91 | 1.62 | 0.003 |
| | | Mediana | 0.22 | 0.43 | 0.28 | 2.45 | 31.9 | 1.02 | 0.10 | 89.68 | 3.21 | 0.006 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 2.4 | 0.38 | 0.04 | 75.00 | 1.21 | 0.004 |
| | | $P_{75}$ | 2.23 | 10.13 | 2.89 | 24.20 | 195.0 | 3.64 | 0.50 | 101.70 | 12.72 | 0.017 |
| | **Moderado** | Media | 1.36 | 21.47 | 4.31 | 26.17 | 841.8 | 1.35 | 0.22 | 83.55 | 3.90 | 0.007 |
| | | ES | 0.57 | 6.33 | 3.27 | 7.24 | 475.0 | 0.65 | 0.07 | 11.66 | 1.09 | 0.001 |
| | | Mediana | 0.19 | 26.21 | 0.28 | 30.05 | 23.9 | 0.59 | 0.10 | 85.95 | 2.18 | 0.007 |
| | | $P_{25}$ | 0.04 | 0.16 | 0.28 | 3.24 | 1.5 | 0.10 | 0.02 | 48.60 | 1.25 | 0.003 |
| | | $P_{75}$ | 2.66 | 45.98 | 2.89 | 49.28 | 1104.4 | 1.16 | 0.50 | 108.05 | 6.01 | 0.009 |
| | **Deficiente** | Media | 0.64 | 1.28 | 2.13 | 3.52 | 322.0 | 0.19 | 0.20 | 84.92 | 1.04 | 0.007 |
| | | ES | 0.63 | 1.27 | 1.85 | 1.64 | 167.9 | 0.07 | 0.15 | 16.25 | 0.45 | 0.003 |
| | | Mediana | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 4.21 | 399.9 | 0.16 | 0.10 | 88.50 | 1.16 | 0.004 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.2 | 0.10 | 0.00 | 55.15 | 0.22 | 0.003 |
| | | $P_{75}$ | 1.89 | 3.82 | 5.83 | 5.96 | 566.0 | 0.32 | 0.50 | 111.10 | 1.75 | 0.013 |

Tabla 2.60. Resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica estimados en función las clases de estado obtenidas para el tipo Mesohalino tras la evaluación de los puntos estudiados en base a la comunidad de invertebrados.

| CLASES DE ESTADO (IFitoplancton) | | $PO_4$ (µmoles) | $NO_3$ (µmoles) | NH4 (µmoles) | DIN (µmoles) | DIN/PO4 | SIO2 (mg/L) | Fe (mg/L) | $O_2$ (%) | Cl-*a* (µg/L) | AFDM (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Referencia** | Media | 0.84 | 0.02 | 0.91 | 1.03 | 73.2 | 0.87 | 0.21 | 90.13 | 2.26 | 0.004 |
| | ES | 0.43 | 0.00 | 0.63 | 0.63 | 65.1 | 0.28 | 0.09 | 12.61 | 0.74 | 0.001 |
| | Mediana | 0.35 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 1.6 | 0.82 | 0.10 | 89.50 | 1.84 | 0.004 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.2 | 0.30 | 0.03 | 70.80 | 0.87 | 0.002 |
| | $P_{75}$ | 2.04 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 38.2 | 1.54 | 0.50 | 108.20 | 4.09 | 0.004 |
| **Muy bueno** | Media | 0.64 | 1.28 | 2.13 | 3.52 | 322.0 | 0.19 | 0.20 | 84.92 | 1.04 | 0.007 |
| | ES | 0.63 | 1.27 | 1.85 | 1.64 | 167.9 | 0.07 | 0.15 | 16.25 | 0.45 | 0.003 |
| | Mediana | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 4.21 | 399.9 | 0.16 | 0.10 | 88.50 | 1.16 | 0.004 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.2 | 0.10 | 0.00 | 55.15 | 0.22 | 0.003 |
| | $P_{75}$ | 1.89 | 3.82 | 5.83 | 5.96 | 566.0 | 0.32 | 0.50 | 111.10 | 1.75 | 0.013 |
| **Bueno** | Media | 1.33 | 47.97 | 4.96 | 53.65 | 2180.8 | 2.46 | 0.22 | 86.25 | 5.01 | 0.011 |
| | ES | 0.34 | 19.38 | 1.65 | 19.33 | 1383.6 | 0.58 | 0.03 | 4.64 | 1.17 | 0.003 |
| | Mediana | 0.09 | 3.11 | 0.28 | 5.04 | 38.2 | 0.82 | 0.10 | 85.35 | 1.90 | 0.005 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.52 | 8.6 | 0.28 | 0.06 | 69.95 | 1.18 | 0.004 |
| | $P_{75}$ | 2.23 | 26.21 | 3.11 | 49.24 | 391.7 | 4.09 | 0.50 | 100.05 | 5.07 | 0.009 |
| **Moderado** | Media | 1.08 | 8.17 | 0.28 | 8.60 | 191.0 | 0.36 | 0.20 | 93.54 | 12.16 | 0.013 |
| | ES | 0.43 | 7.58 | 0.00 | 7.60 | 182.8 | 0.17 | 0.10 | 4.05 | 4.07 | 0.004 |
| | Mediana | 1.07 | 0.02 | 0.28 | 0.47 | 1.3 | 0.14 | 0.10 | 93.35 | 10.58 | 0.010 |
| | $P_{25}$ | 0.04 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.3 | 0.10 | 0.01 | 85.25 | 6.01 | 0.007 |
| | $P_{75}$ | 1.97 | 2.95 | 0.28 | 3.34 | 38.2 | 0.63 | 0.50 | 99.25 | 12.72 | 0.013 |
| **Deficiente** | Media | 2.01 | 69.74 | 7.35 | 78.09 | 81.3 | 2.45 | 0.21 | 101.07 | 15.83 | 0.011 |
| | ES | 0.69 | 48.86 | 6.61 | 48.41 | 39.4 | 0.51 | 0.07 | 8.85 | 3.91 | 0.003 |
| | Mediana | 1.18 | 0.85 | 0.28 | 1.88 | 25.6 | 2.11 | 0.10 | 101.50 | 16.68 | 0.006 |
| | $P_{25}$ | 0.22 | 0.37 | 0.28 | 1.76 | 1.3 | 1.41 | 0.01 | 76.60 | 4.49 | 0.005 |
| | $P_{75}$ | 4.02 | 1.39 | 1.28 | 62.23 | 85.6 | 3.64 | 0.50 | 121.45 | 20.21 | 0.018 |

Tabla 2.61. Resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica estimadas en función las clases de estado obtenidas para el tipo Mesohalino tras la evaluación de los puntos estudiados en base a la comunidad de fitoplancton.

Los puntos donde se detecta una mayor diferencia en cuanto a la valoración proporcionada por los dos componentes biológicos son MA13, MA08II, MA08I Y EI02. En el caso de MA13 (Estany de Cala Magraner), el fitoplancton lo evalúa como *Muy buen estado* y los invertebrados como *Deficiente*. El humedal, aunque en algunas zonas llega alcanzar algo de profundidad, se reduce a una lámina de agua somera; y los valores de porcentaje de oxígeno diarios en mayo-junio son bajos (<60%), este hecho podría indicar la dominancia de procesos de oxidación de materia orgánica, lo cual podría causar condiciones limitantes de oxígeno para invertebrados. En el caso de MA08I y MA08II (Gola de Na Borges) el fitoplancton los evalúa como *Deficiente* mientras que los invertebrados como *Bueno*. En este caso es el fitoplancton el que detecta de forma más sensible la carga de nutrientes, reflejado en niveles elevados de Cl-*a* (media anual=16.9 ± 7.8 (EE) para MA08I; media anual = 15.7 ± 9.7 (EE), para MA08II), estos altos valores se producen sobre todo en las campañas de otoño y primavera, respondiendo a la dinámica esperada de una gola. Debido a las grandes crecidas acaecidas durante la época de lluvias (febrero-marzo de 2006 fue una época muy lluviosa), al

tratarse de una cuenca de amplia captación, recoge una alta carga de nutrientes, incluida la de la depuradora localizada aguas arriba. El punto EI02 (Feixes Talamanca Vila) es evaluado por el fitoplancton como *Deficiente,* mientras los invertebrados la evalúan como *Buen estado.* Ocurre como en el caso anterior, es el fitoplancton quien detecta de forma más sensible, una alta carga de nutrientes (EI02, se trata de la segunda masa de agua, para este tipo, con los niveles más elevados de nutrientes), correspondiéndose también con un elevado nivel de Cl-*a* (media anual=14.2 ± 5.2 (EE)). Por último, MA23Salobrar (Salobrar de Campos) fitoplancton lo evalúa como *Bueno* mientras los invertebrados lo evalúan como *Moderado*. Se trata de una salina en activo, por lo cual es una zona húmeda sometida a una alta perturbación y modificación física, que afecta más a los invertebrados que al fitoplancton, ello sumado a niveles altos de amonio ($NH^{+}_{4,}$ media anual =14.18 µmoles) que reflejan un ambiente reductor, hace que el conjunto de las condiciones físico-químicas y medioambientales, sean poco favorables para los invertebrados, siendo éstos quienes más penalizan a este punto.

De forma general, para todas las variables de la tablas 2.60 y 2.61, se observa una tendencia de aumento gradual desde las clases en mejor estado ecológico hacia las clases en peor estado. Esta tendencia resulta más evidente para el fitoplancton, ya que es el elemento biológico, de los dos aquí estudiados, más sensibles a este tipo de presiones tróficas (Tablas 2.61). Las *referencias* presentan unos niveles y una variabilidad tanto para nutrientes como para Cl-*a* bajo, los cuales van aumentado gradualmente, conforme la clase de estado ecológico empeora. Llama la atención algunos valores elevados, en la clase de estado *Bueno,* que en ocasiones, llega a superar a la clase *Moderado*, se recuerda, que para la integración el valor de corte entre las clases *Bueno/Moderado* se ha establecido en 0.5, asumido un error del 10%, como se explicó al inicio de este apartado. De esta forma, en la clase de estado *Bueno* han podido ser incluidas muestras que podrían pertenecer al estado *Moderado.* Se asume esta posibilidad y se esperará a la realización de estudios futuros, y a los resultados del ejercicio de intercalibración europeo, para resolver los cortes entre clases de estado ecológico definitivos.

Así, de los 22 puntos estudiados pertenecientes al tipo Mesohalino, 9 (43%) no cumplen los requisitos de la DMA, ya sea por un elemento u otro: EI02, MA03Can, MA03Sabar, MA08I, MA08II, MA13, MA23Salobrar, ME01ZH02, ME19ZH03) (Tabla 2.59). Por lo tanto, podría decirse que en general la valoración del tipo mesohalino es buena, ya que más del 50% de sus masas de aguas superan los requisitos de la DMA: 10% referencias, 48% buenas, 24%

moderadas y 19% deficientes (Fig. 2.60). Aunque en comparación con los otros dos tipos, es el que proporcionalmente está peor.

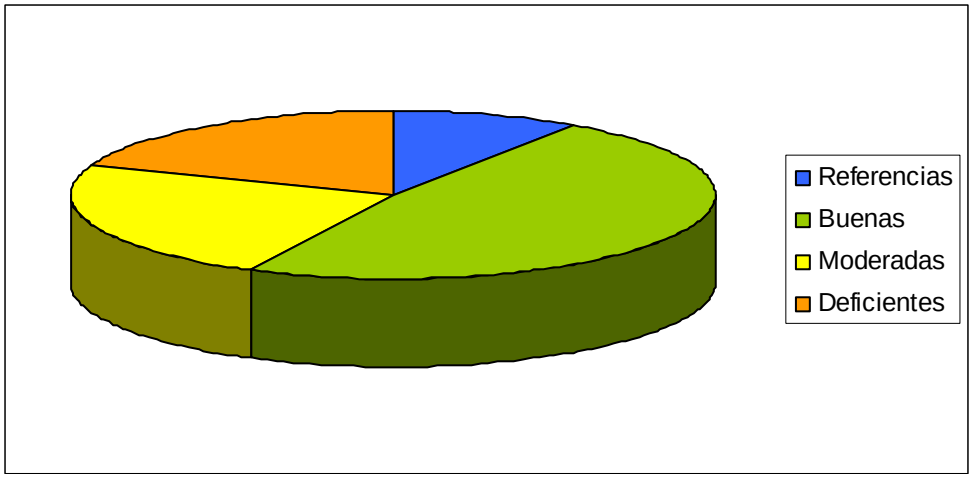



Figura 2.60. Evaluación del Estado Ecológico final de los puntos de las zonas húmedas de las Islas Baleares incluidas dentro del tipo Mesohalino. El gráfico muestra porcentaje de cada clase ecológica con respecto al total de puntos estudiados.

### 2.6.6.3. Tipo EUHALINO

***Invertebrados***.- El primer paso para evaluar una zona húmeda tomando los invertebrados como elemento biológico indicador, es definir el EQRINVHMIB *óptimo de muestreo.* Para ello, una vez hemos calculado el EQRINVHMIB de cada muestra y confirmado su respuesta a la presión (ver apartado 2.6.5.3), se calcula el EQRINVHMIB medio (año hidrológico 2005-06) (Fig. 2.61). Para corroborar la/s campaña/s que pueden intuirse como *óptimos de muestreo*, se han realizado correlaciones entre el valor de los EQRINVHMIB obtenido en cada campaña y el EQRINVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (Tabla 2.62). Las correlaciones más altas, correspondieron a las campañas de primavera y verano del 2006 ($r$ = 0.83 y 0.88, respectivamente), como en el caso del tipo Oligohalino, por tanto siguiendo el mismo criterio que para los otros dos casos anteriores, se calculó la correlación entre la media del EQRINVHMIB obtenido en estas dos campañas (EQRINVHMIB pri-ver) y el EQRINVHMIB medio del ciclo hidrológico, resultando un coeficiente de correlación mayor (Tabla 2.62). Así, se proponen estas dos campañas como óptimas para evaluación de los puntos y muestreos, y este valor de EQRINVHMIB medio de las dos campañas seleccionadas, primavera y verano, será el que se utilice como componente de invertebrado,

para hacer la evaluación del estado ecológico de las zonas húmedas del tipo euhalino para los macroinvertebrados (Fig. 2.62).

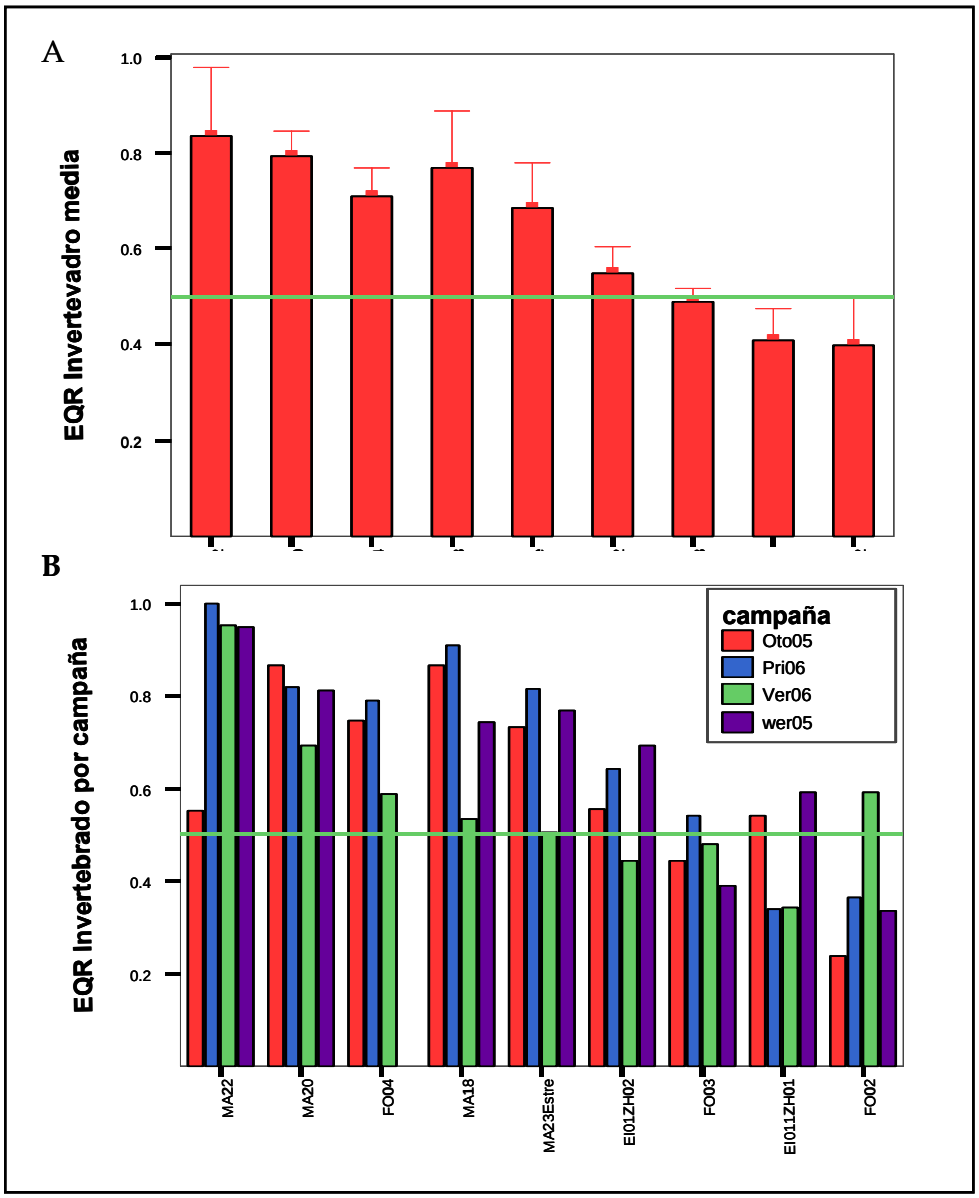



Figura 2.61. Distribución del valor de EQRINVHMIB de invertebrados del tipo Euhalino en las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQRINVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (A) y el valor del EQRINVHMIB obtenido para cada una de las campañas (B). Las estaciones de muestreo están ordenadas en orden decreciente en función del valor de EQRINVHMIB medio. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQRINVHMIB = 0.5).

| Campañas | Correlación con EQR medio* |
|---|---|
| otoño 05 | 0.75 |
| primavera 06 | 0.83 |
| verano 06 | 0.88 |
| verano 05 | 0.75 |
| media pri-ver 06 | **0.97** |

Tabla 2.62. Tabla de correlaciones entre el valor de EQRINVHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 y el valor del EQRINVHMIB obtenido para cada una de las campañas. Dado que las correlaciones de las campañas de primavera y verano´06 tienen los coeficientes de correlación más altos se muestra también la correlación con el EQRINVHMIB medio para estas dos campañas. La tabla muestra los coeficientes de correlación de Spearman ($p$ < 0.05).

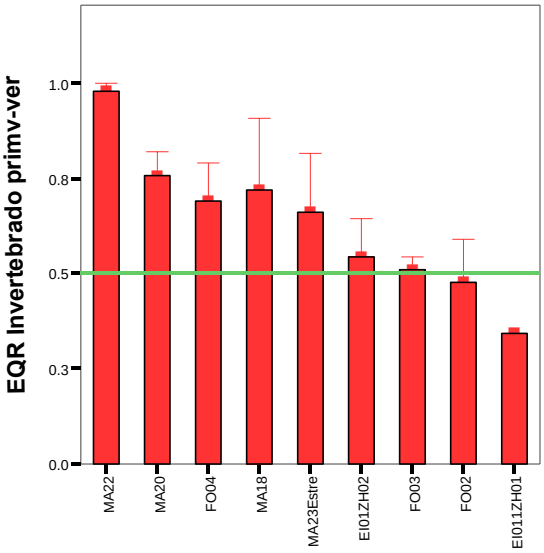



Figura 2.62. Distribución del valor de EQRINVHMIB en función de las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQRINVHMIB medio para las 2 campañas seleccionadas (primavera & verano) como óptimas (ver texto). La línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQRINVHMIB = 0.5).

***Fitoplancton.-*** El primer paso para evaluar una zona húmeda tomando el fitoplancton como elemento biológico indicador, es definir el EQR-FITOHMIB *óptimo de muestreo*. Para ello, una vez hemos calculado el EQR-FITOHMIB de cada muestra y confirmado su respuesta a la presión (ver apartado 2.6.5.3), calculamos el EQR-FITOHMIB medio (año hidrológico 2005-06) (Fig. 2.63).

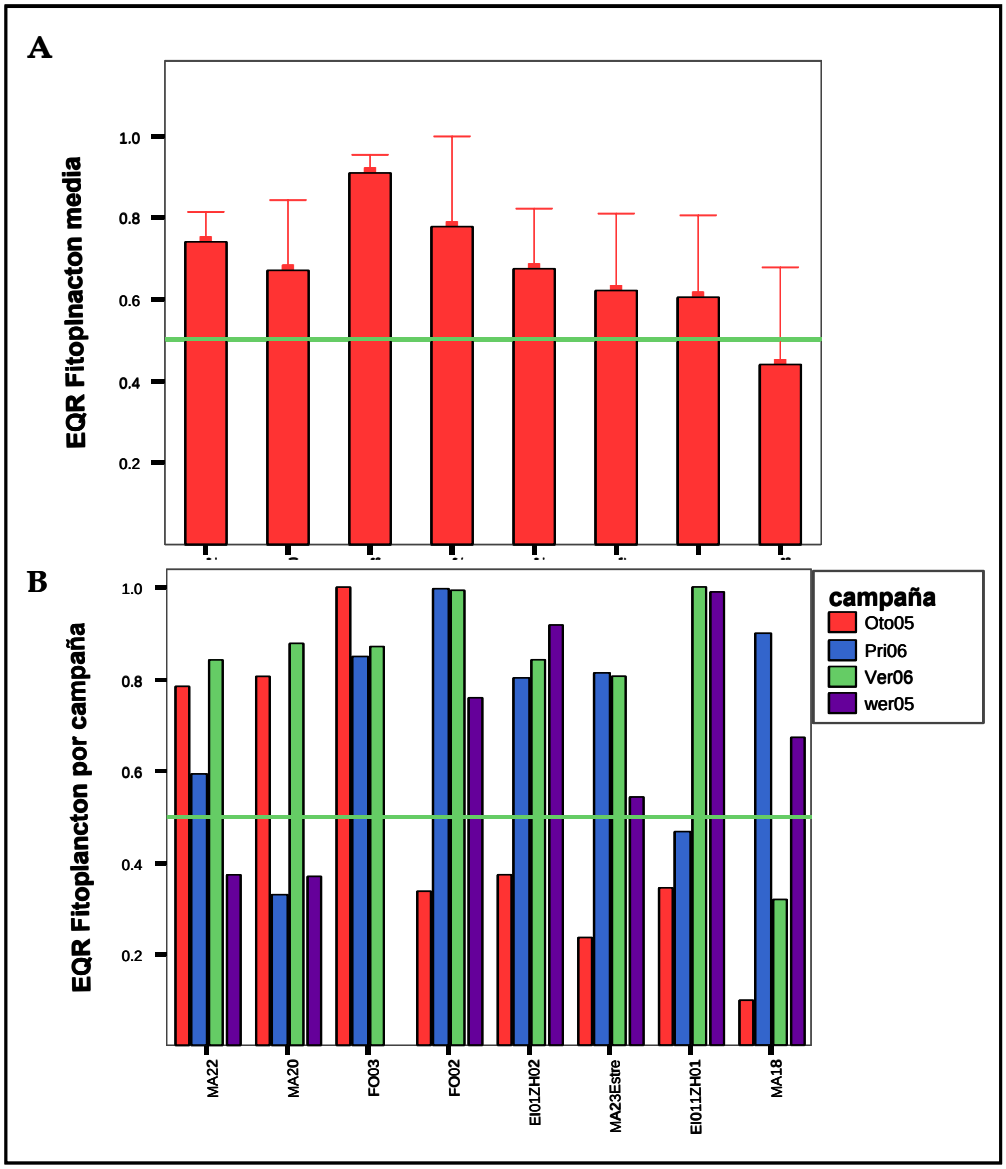



Figura 2.63. Distribución del valor de EQR-FITOHMIB de fitoplancton del tipo Euhalino en las estaciones de muestreo. La gráfica muestra el valor del EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (A) y el valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada una de las campañas (B). Las estaciones de muestreo están ordenadas en orden decreciente en función del valor de EQR-FITOHMIB medio. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR-FITOHMIB = 0.5).

Para corroborar la/s campaña/s que pueden intuirse como *óptimos de muestreo*, se han realizado correlaciones entre el valor de los EQR-FITOHMIB obtenido en cada campaña y el EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 (Tabla 2.63). Las única correlación significativa se encontró en la campaña de otoño ($r$ = 0.64) (Tabla 2.63). Con el fin de incrementar esa correlación se hicieron medias con la campaña de otoño y primavera y con la de primavera-verano, y se estudió la correlación con el EQR-FITOHMIB medio, tal y como se había hecho con las campañas individuales (Tabla 2.63). Como cabría esperar, las medias de las dos campañas dieron correlaciones significativas con el EQR-FITOHMIB medio anual, teniendo en ambos casos correlaciones muy similares (Tabla 2.63). Aún así, y para este presente convenio, dada la variación presentada por el fitoplancton en los humedales estudiados, se propone usar la media, como *óptimo* de muestreo y evaluación del estado de las zonas húmedas.

| Campañas | Correlación con EQR medio* |
|---|---|
| otoño 05 | 0.64** |
| primavera 06 | *ns* |
| verano 06 | *ns* |
| verano 05 | *ns* |
| media pri-ver 06 | 0.64** |
| media oto-pri | **0.95** |

Tabla 2.63. Tabla de correlaciones entre el valor de EQR-FITOHMIB medio para las 3 campañas del año hidrológico 2005-2006 y el valor del EQR-FITOHMIB obtenido para cada una de las campañas. Dado que las correlaciones de las campañas de primavera y verano´06 tienen los coeficientes de correlación más altos se muestra también la correlación con el EQR-FITOHMIB medio para estas dos campañas. La tabla muestra los coeficientes de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

***Integración del Estado Ecológico del tipo EUHALINO en base a los Elementos Biológicos***.- Una vez analizados cada uno de los elementos biológicos de calidad por separado, se realiza la integración entre ambos elementos, utilizando los valores de EQR óptimos para cada elemento biológico discutidos en el punto anterior, lo cual permitirá obtener una clase final de estado ecológico (Fig. 2.64).

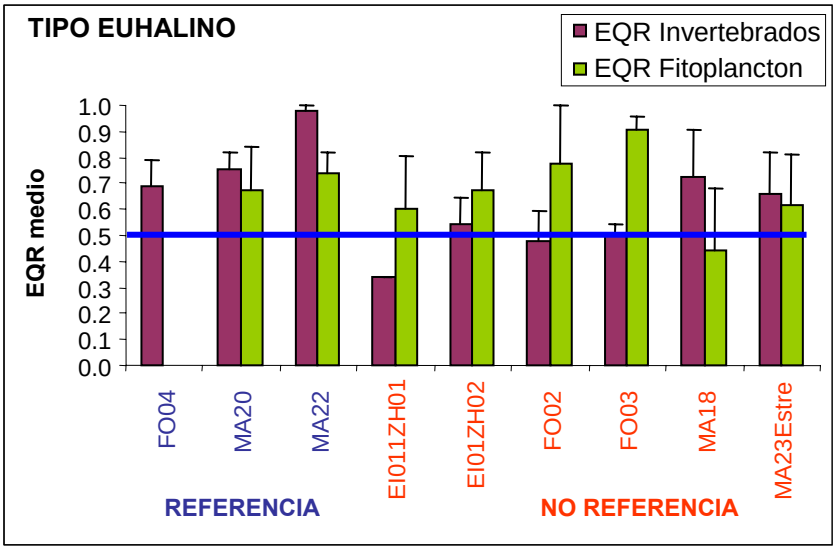



Figura 2.64. Distribución del valor medio de EQR en función de las estaciones de muestreo del tipo euhalino. * La gráfica muestra el valor del EQR-INVHMIB medio para las 2 campañas seleccionadas (primavera & verano) como óptimas para el muestreo de invertebrados y el EQR-FITOHMIB medio de las 3 campañas correspondientes al ciclo anual 2005-2006 para el fitoplancton. La línea azul, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5).

Aquéllas estaciones de muestreo cuyo EQR sea inferior a 0.5 (i.e., corte entre el estado bueno y moderado, ver aparatado 2.7.1) para alguno de los dos elementos se considerará que no "cumplen" con el estado Biológico, y se les asigna la peor de las dos clases de Estado calculadas para cada elemento. Esta clase se corresponde con la Clase de Estado Ecológico. Para el tipo Euhalino, existe un equilibrio entre la evaluación por parte de un elemento biológico y otro, ya que en una proporción de 50% las masas de aguas han sido valoradas más positivamente por el fitoplancton, y en otra proporción igual, han sido los invertebrados, quienes han evaluado más positivamente a las masas de agua (Tabla 2.64).

| Masa de agua | EQR invertebrado | EQR fitoplancton | EQR final | Clase Estado Ecológico |
|---|---|---|---|---|
| MA22 | 0.977 | 0.740 | 0.740 | REFERENCIA |
| FO04 | 0.689 | . | 0.689 | REFERENCIA |
| MA20 | 0.755 | 0.671 | 0.671 | REFERENCIA |
| MA23Estre | 0.661 | 0.619 | 0.619 | BUENO |
| EI01ZH02 | 0.544 | 0.672 | 0.544 | BUENO |
| FO03 | 0.511 | 0.908 | 0.511 | BUENO |
| FO02 | 0.478 | 0.778 | 0.478 | MODERADO |
| MA18 | 0.721 | 0.439 | 0.439 | MODERADO |
| EI011ZH01 | 0.341 | 0.604 | 0.341 | DEFICIENTE |

Tabla 2.64. Valor de EQR obtenido en base a los dos componentes biológicos analizados en este estudio, el EQR final (equivalente al más bajo de los dos) y la clase de estado resultante para cada punto del tipo Euhalino.

Las siguientes tablas (Tabla 2.65 y 2.66) muestras el resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica en función de las clases de estado, para cada elemento biológico de calidad. La discusión posterior sobre las clases finales de *Estado Ecológico* se apoyará en parte en estas tablas.

| CLASES DE ESTADO (Invertebrados) | | | $PO_4$ (µmoles) | $NO_3$ (µmoles) | NH4 (µmoles) | DIN (µmoles) | DIN/PO4 | SIO2 (mg/L) | Fe (mg/L) | $O_2$ (%) | Clh-*a* (mg/L) | AFDM (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Referencia** | Media | 1.19 | 2.61 | 2.87 | 5.92 | 518.0 | 2.10 | 0.23 | 74.12 | 9.03 | 0.038 |
| | | EE | 0.75 | 1.15 | 1.42 | 2.52 | 249.1 | 1.03 | 0.07 | 11.18 | 3.98 | 0.014 |
| | | Mediana | 0.01 | 0.40 | 0.28 | 1.74 | 50.6 | 1.08 | 0.20 | 82.50 | 4.68 | 0.017 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.53 | 1.4 | 0.69 | 0.10 | 66.00 | 3.39 | 0.012 |
| | | $P_{75}$ | 0.60 | 5.87 | 4.39 | 11.76 | 1117.5 | 2.05 | 0.50 | 100.25 | 10.14 | 0.034 |
| | **Bueno** | Media | 1.02 | 2.36 | 6.15 | 8.83 | 712.5 | 0.84 | 0.23 | 96.92 | 7.65 | 0.102 |
| | | EE | 0.64 | 1.20 | 5.23 | 5.32 | 517.8 | 0.25 | 0.06 | 6.64 | 3.17 | 0.042 |
| | | Mediana | 0.07 | 0.89 | 0.28 | 2.24 | 49.5 | 0.62 | 0.15 | 99.25 | 4.05 | 0.042 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.83 | 7.5 | 0.15 | 0.07 | 74.42 | 3.43 | 0.030 |
| | | $P_{75}$ | 0.25 | 2.59 | 1.22 | 4.82 | 130.9 | 1.24 | 0.50 | 109.28 | 7.23 | 0.119 |
| | **Moderado** | Media | 0.19 | 1.19 | 0.28 | 1.66 | 34.1 | 0.64 | 0.21 | 96.18 | 1.32 | 0.020 |
| | | EE | 0.18 | 1.18 | 0.00 | 1.16 | 14.5 | 0.50 | 0.15 | 27.43 | 0.78 | 0.009 |
| | | Mediana | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.60 | 38.2 | 0.19 | 0.10 | 121.20 | 0.73 | 0.025 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 7.1 | 0.10 | 0.03 | 41.40 | 0.37 | 0.002 |
| | | $P_{75}$ | 0.56 | 3.55 | 0.28 | 3.98 | 56.8 | 1.64 | 0.50 | 125.95 | 2.87 | 0.032 |
| | **Deficiente** | Media | 0.25 | 0.38 | 42.59 | 43.35 | 2107.5 | 0.13 | 0.20 | 80.95 | 2.72 | 0.013 |
| | | EE | 0.12 | 0.36 | 18.79 | 18.82 | 2026.8 | 0.02 | 0.15 | 10.46 | 1.40 | 0.004 |
| | | Mediana | 0.34 | 0.02 | 57.83 | 59.36 | 144.6 | 0.12 | 0.10 | 75.75 | 2.45 | 0.014 |
| | | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 5.22 | 5.85 | 17.4 | 0.10 | 0.00 | 66.00 | 0.44 | 0.005 |
| | | $P_{75}$ | 0.41 | 1.10 | 64.72 | 64.85 | 6160.5 | 0.18 | 0.50 | 101.10 | 5.26 | 0.020 |

Tabla 2.65. Resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica estimadas en función las clases de estado obtenidas para el tipo Euhalino tras la evaluación de los puntos estudiados en base a la comunidad de fitoplancton.

| CLASES DE ESTADO (IFitoplancton) | | $PO_4$ (µmoles) | $NO_3$ (µmoles) | NH4 (µmoles) | DIN (µmoles) | DIN/PO4 | SIO2 (mg/L) | Fe (mg/L) | $O_2$ (%) | Clh-*a* (mg/L) | AFDM (g/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Referencia** | Media | 1.19 | 2.61 | 2.87 | 5.92 | 518.0 | 2.10 | 0.23 | 74.12 | 9.03 | 0.038 |
| | ES | 0.75 | 1.15 | 1.42 | 2.52 | 249.1 | 1.03 | 0.07 | 11.18 | 3.98 | 0.014 |
| | Mediana | 0.01 | 0.40 | 0.28 | 1.74 | 50.6 | 1.08 | 0.20 | 82.50 | 4.68 | 0.017 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.53 | 1.4 | 0.69 | 0.10 | 66.00 | 3.39 | 0.012 |
| | $P_{75}$ | 0.60 | 5.87 | 4.39 | 11.76 | 1117.5 | 2.05 | 0.50 | 100.25 | 10.14 | 0.034 |
| **Muy bueno** | Media | 0.11 | 1.24 | 0.61 | 2.08 | 91.2 | 0.77 | 0.26 | 81.25 | 1.74 | 0.073 |
| | EE | 0.09 | 0.51 | 0.33 | 0.73 | 43.2 | 0.34 | 0.12 | 11.23 | 1.18 | 0.024 |
| | Mediana | 0.01 | 1.26 | 0.28 | 1.69 | 101.4 | 1.08 | 0.15 | 70.34 | 0.94 | 0.074 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.35 | 0.28 | 1.07 | 11.9 | 0.10 | 0.13 | 69.70 | 0.23 | 0.031 |
| | $P_{75}$ | 0.29 | 2.11 | 1.28 | 3.50 | 160.4 | 1.14 | 0.50 | 103.70 | 4.05 | 0.113 |
| **Bueno** | Media | 0.57 | 1.22 | 16.22 | 17.80 | 1060.4 | 0.76 | 0.22 | 89.89 | 3.31 | 0.042 |
| | EE | 0.41 | 0.50 | 7.99 | 7.89 | 686.8 | 0.27 | 0.06 | 7.21 | 0.65 | 0.016 |
| | Mediana | 0.14 | 0.44 | 0.44 | 3.81 | 38.1 | 0.18 | 0.13 | 92.50 | 3.43 | 0.027 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.80 | 12.2 | 0.10 | 0.02 | 71.53 | 1.59 | 0.012 |
| | $P_{75}$ | 0.37 | 2.08 | 31.53 | 32.68 | 120.3 | 1.36 | 0.50 | 108.23 | 4.23 | 0.033 |
| **Moderado** | Media | 2.15 | 4.90 | 1.98 | 7.07 | 658.7 | 0.31 | 0.22 | 124.00 | 19.66 | 0.199 |
| | EE | 2.14 | 4.88 | 1.70 | 6.55 | 628.4 | 0.07 | 0.14 | 9.94 | 10.86 | 0.167 |
| | Mediana | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.64 | 61.0 | 0.32 | 0.10 | 120.90 | 11.58 | 0.050 |
| | $P_{25}$ | 0.01 | 0.02 | 0.28 | 0.40 | 0.1 | 0.19 | 0.05 | 108.55 | 6.24 | 0.014 |
| | $P_{75}$ | 6.44 | 14.66 | 5.39 | 20.16 | 1915.1 | 0.42 | 0.50 | 142.55 | 41.16 | 0.532 |

Tabla 2.66. Resumen de los valores de nutrientes y biomasa fitoplanctónica estimadas en función las clases de estado obtenidas para el tipo Euhalino tras la evaluación de los puntos estudiados en base a la comunidad de fitoplancton.

Los puntos donde se detecta una mayor diferencia en cuanto a la valoración proporcionada por los dos componentes biológicos son EI011ZH01, FO02, FO03, MA18. En el caso de EI011ZH01 (Salines Eivissa), el fitoplancton lo evalúa como *Buen* estado y los invertebrados como *Deficiente*, presenta la dinámica esperada para una salina activa, sometida a una alta perturbación y modificación del hábitat, condiciones medioambientales que resultan poco favorables para los invertebrados, siendo éstos quienes más penalicen a este punto; esta misma dinámica se repite para el punto FO03 (Salines de Formentera), salinas también en activo. En este caso, el valor más bajo de EQR es de nuevo proporcionado por los invertebrados (Tabla 2.6.4), por las causas explicadas anteriormente.

En el caso de FO02 (Estany des Peix), el fitoplancton lo evalúa como *Buen* estado y los invertebrados como *Deficiente*. Se trata de un humedal muy somero (20 cm. de profundidad, aproximadamente) ello sumado a la alta salinidad, estas condiciones parece que afectan más a los invertebrados que al fitoplancton, siendo aquéllos quienes penalicen más a este punto.

Por último el punto MA18 (Fonts de Na Lis) el fitoplancton lo evalúa como *Moderado* mientras que los invertebrados como *Bueno*. Se trata de una gola, cuyos aportes en nutrientes son muy altos, tratándose del humedal para el tipo Euhalino con la media más alta de fosfato

(media anual = 5.12 ± 2.14 (EE) µmoles/L) reflejándose en niveles también altos de Cl-*a* (media anual = 19.7 ± 10.9 (EE) µg/L), en estas condiciones, es el fitoplancton quien más penaliza a este punto.

De forma general, los valores físico-químicos no se corresponden con el cambio gradual que deberían representa las clases de estado. Por un lado, el hecho de que las referencias presenten valores elevados de nutrientes (caso de MA20, Ses Gambes), por otro al posible efecto de la presión de salinización en algunos de estos ambientes, que afecta más al hábitat bentónico, aunque puede afectar también a la precipitación de fosfatos. Y en último término, que los humedales euhalinos son el tipo menos representado en las Baleares, este hecho resalta la necesidad de explorar en detalle, y con más datos, el posible efecto individual o sinérgico de ambos tipos de presiones, así como el seguimiento anual de la composición de sus aguas, con el objeto de discernir de su dinámica, la posible presencia de presiones no apreciadas en humedales de referencia (por ejemplo, existencia durante determinadas épocas del año de aportes hipógeos con carga de nutrientes). En el apartado 2.6.8 se discuten de forma integrada estos aspectos.

Así, de los 9 puntos estudiados pertenecientes al tipo Euhalino, 3 (33%) no cumplen los requisitos de la DMA, ya sea por un elemento u otro: EI011ZH01, FO02 y MA18 (Tabla 2.64). Por lo tanto, podría decirse que en general la valoración del tipo euhalino es buena, ya que el 66.5% de los puntos supera los requisitos de la DMA: 33% referencias, 33% buenas, 22% moderadas y 11% deficientes (Fig. 2.65).

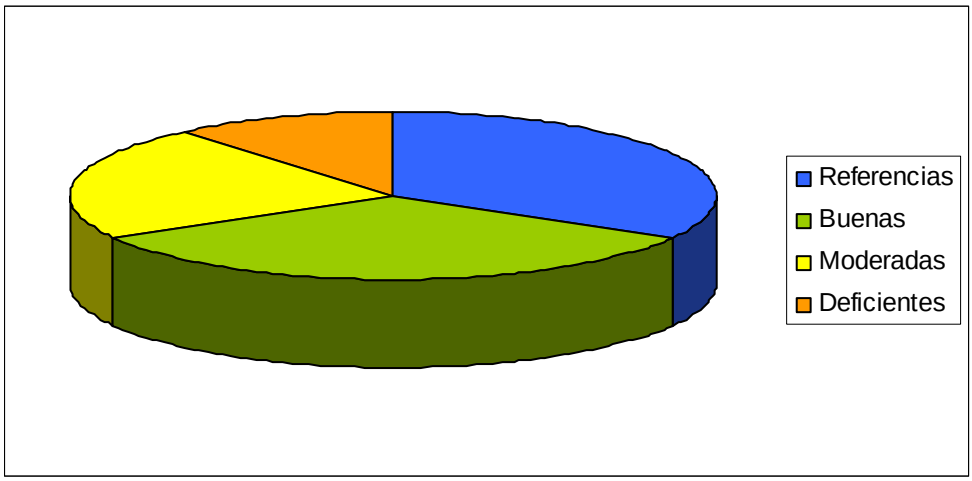



Figura 2.65. Evaluación del Estado Ecológico final de los puntos de las zonas húmedas de las Islas Baleares incluidas dentro del tipo Euhalino.

## 2.6.7. Contribución al análisis de presiones e impactos

### 2.6.7.1. Efecto de las depuradoras y/o vertidos

Para el análisis de la presión provocada por la existencia de depuradoras y/o vertidos y la carga de nutrientes en las zonas húmedas estudiadas (presión orgánica/nutrientes) se han utilizado las siguientes fuentes de información: observaciones constatadas en el campo y comentarios facilitados por los guardas de medio ambiente, quienes nos informaron de aquéllas zonas en los humedales que podrían estar afectadas por depuradoras y/o vertidos. Para el tipo Mesohalino, no se ha propuesta ninguna masa de agua afectada por dicha presión, aunque hay un punto de la Albufera de Mallorca (MA01Molini) en el tipo Mesohalino, consideramos que este no se ve afectado, al igual que otro punto de la Albufereta de Pollença, MA03EsLlacs, que aunque parece que hay constancias de vertidos, éste no es continuo, sino que se produce en momentos puntuales (principalmente en verano), por lo que no se ha incluido como afectado por esta presión.

#### *2.6.7.1.1. Tipo OLIGOHALINO*

En las siguientes figuras se observa como el EQR final (Fig. 2.66) discrimina de forma muy eficaz las muestras de *Referencia*, con un valor de EQR elevado, respecto a las muestras no referencias y las afectadas por depuradoras y/o vertidos. Sin embargo, la diferencia entre estas dos últimas no es tanta, por lo que no se descarta que algunas localidades sufran o hayan sufrido vertidos (Fig. 2.66). Destacan los mayores valores de fósforo y nitrógeno en zonas que reciben efluentes de depuradoras/vertidos.

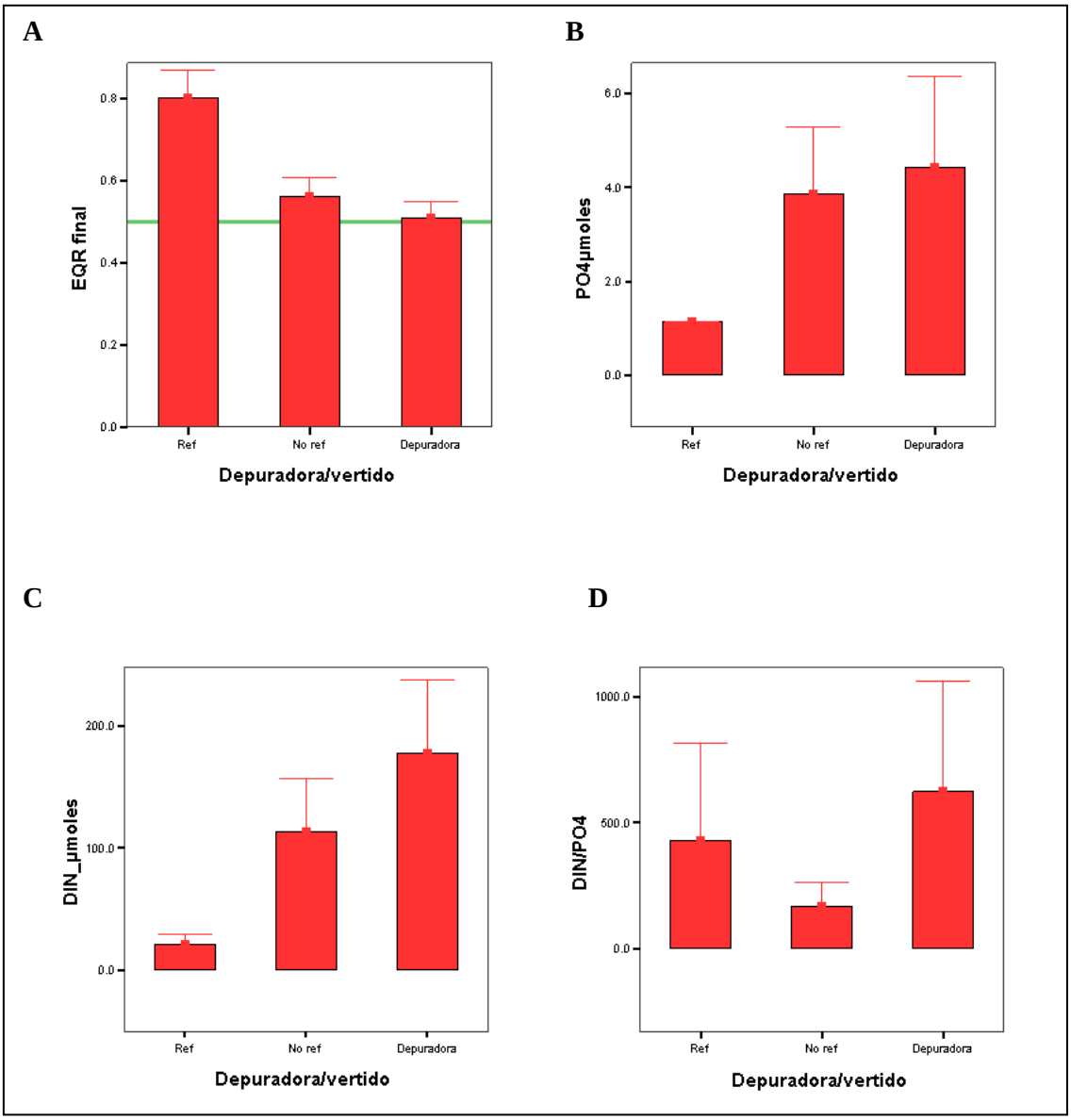



Figura 2.66. Diagramas de barras en el que se muestra el valor del EQR (A) y de distintos nutrientes (B-D) en función de la condición de referencia y de si existe o no depuradora aguas arriba de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Oligohalino. A) Valor de EQR final, la línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5); B) contenido en fosfato, C) concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), y D) relación DIN/fosfato. Se han diferenciado las categorías Referencia (Ref), No referencia (No ref) y Depuradora. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

#### *2.6.7.1.2. Tipo EUHALINO*

Al igual que ocurría con el patrón descrito para el tipo Oligohalino. El EQR final discrimina de forma eficaz las muestras de las Referencias, con un valor de EQR elevado frente a las

muestras no referencias y depuradoras. Entre estas dos últimas, el EQR continúa siendo discriminatorio, situando a todas las muestras de depuradoras en estado Moderado. Respecto a la carga de nutrientes, se observa los mayores valores de $PO_4$ en las zonas afectadas por depuradoras/vertidos. Sin embargo, respecto al nitrógeno, son las no referencias las que presentan niveles superiores y de mayor variación, aunque los valores son sensiblemente inferiores que por ejemplo los del tipo oligohalino.

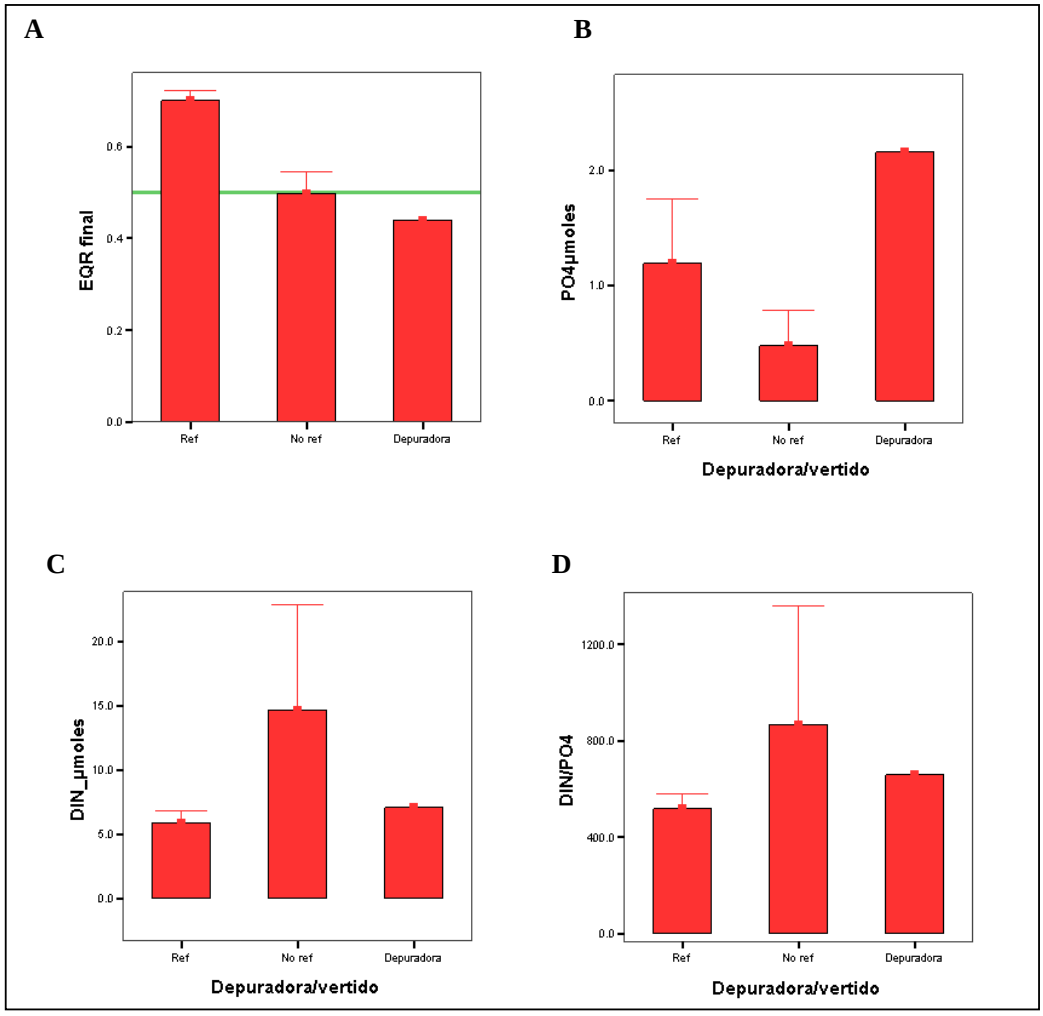



Figura 2.67. Diagramas de barras en el que se muestra el valor del EQR (A) y de distintos nutrientes (B-D) en función de la condición de referencia y de si existe o no depuradora aguas arriba de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Euhalino. A) Valor de EQR final, la línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5); B) contenido en fosfato, C) concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), y D) relación DIN/fosfato. Se han diferenciado las categorías Referencia (Ref), No referencia (No ref) y Depuradora. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

### 2.6.7.2. Efecto del origen del agua

El análisis de esta presión ha consistido en el examen de las consecuencias que pueda tener el aporte de aguas de origen hipogénico en la carga de nutrientes de los humedales, ya sea por intrusión marina o proveniente de las aguas subterráneas. El aporte de sales o nutrientes por parte de agua hipogénica, no implica que ésta contenga necesariamente dichos elementos. Posea o no, sales y/o nutrientes, su ocurrencia puede repercutir en un enriquecimiento de estos elementos, ya sea porque el agua hipogénica los contenga, o bien, que éstos sean aportados como consecuencia del arrastre.

#### *2.6.7.2.1. Tipo OLIGOHALINO*

Para el tipo Oligohalino, una de las referencias, Prat de Bellavista (ME09ZH01), tiene aporte de agua hipogénico (intrusión marina). Aún así, tanto el EQR final, como el EQR de cada elemento biológico (ERR-INVHMIB, para invertebrados y EQR-FITOHMIB, para fitoplancton) presentan la misma tendencia, discriminando las muestras de Referencias del resto de las categorías, tanto las hipogénicas como las no hipogénicas (Fig. 2.68). Se observa un EQR menor para los humedales de alimentación hipogénica que no son de referencia (Figura 2.68). Esta tendencia coincide con niveles altos de fosfatos para las muestras hipogénicas y cantidades altas de nitrógeno inorgánico, que también se dan en las no referencias (Fig. 269).

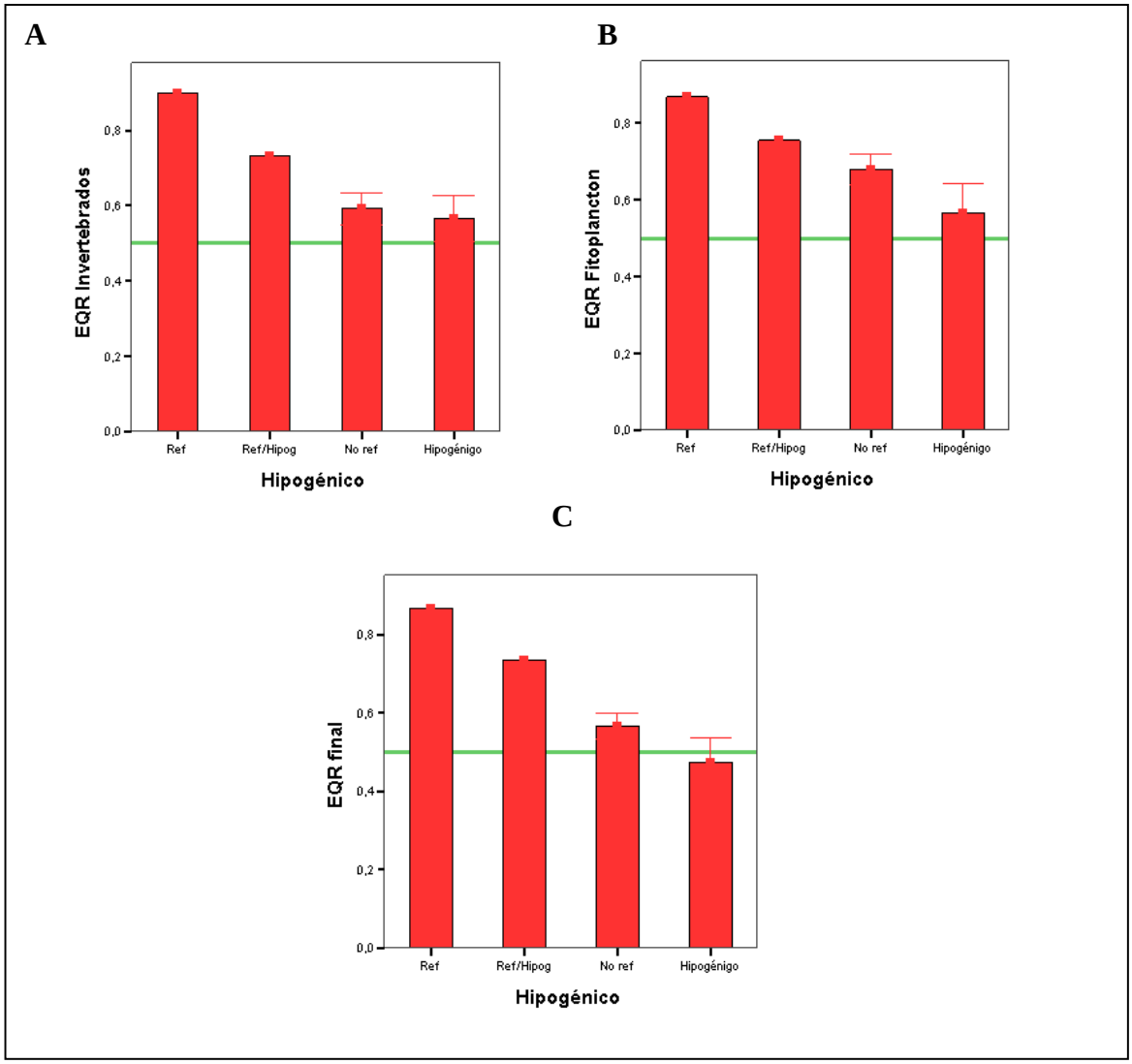



Figura 2.68. Diagramas de barras en los que se representan el valor promedio del EQR obtenido para cada elemento biológico (A-B) y el EQR final (D) en función a las categorías Referencia (Ref), Referencia/Hipogénico (Ref/Hipog), No referencia (No Ref) e Hipogénico para el tipo Oligohalino. A) EQR-INVHMIB, B) EQR-FITOHMIB, C) EQR final. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR = 0.5). Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

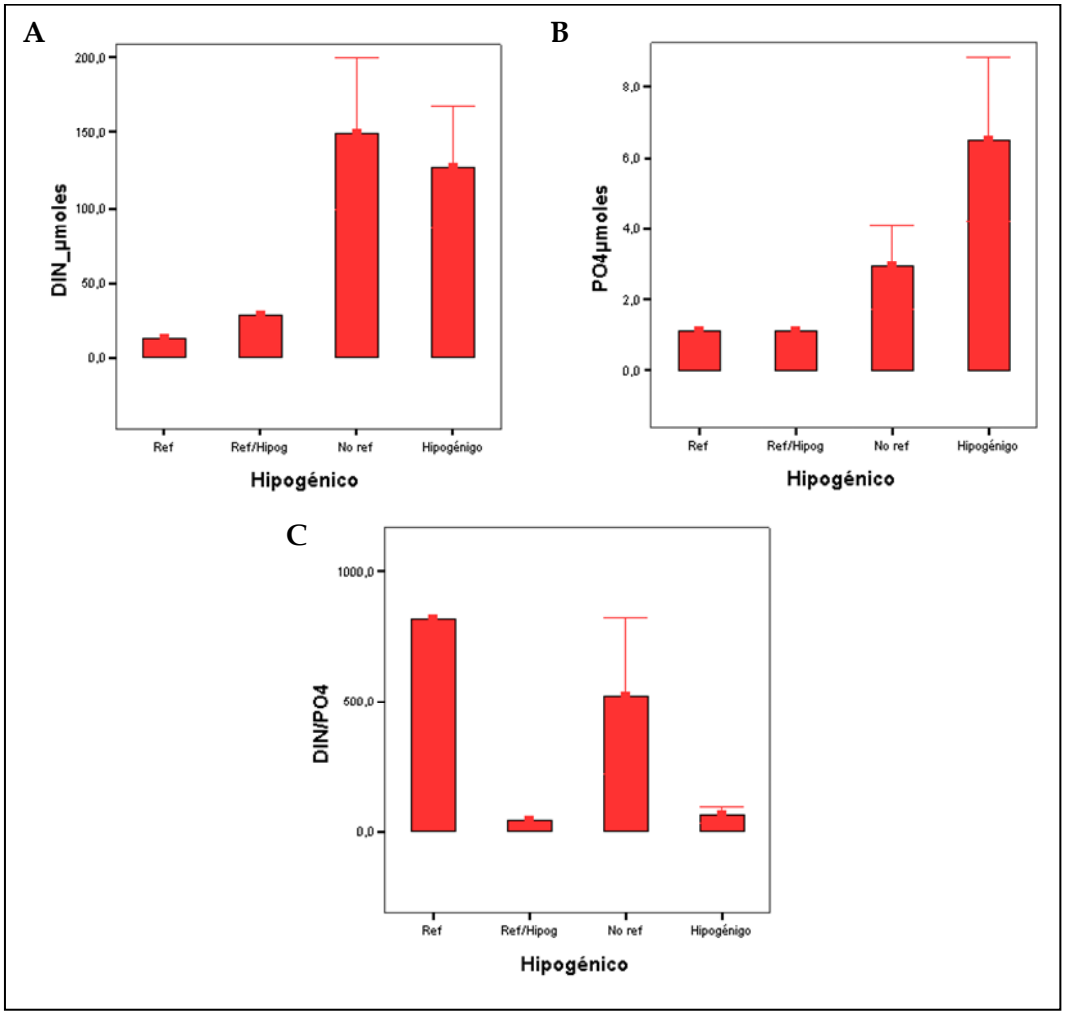



Figura 2.69. Diagramas de barras en el que se muestra el valor promedio de distintos nutrientes en función de las categorías Referencia (Ref), Referencia/Hipogénico (Ref/Hipog), No referencia (No Ref) e Hipogénico de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Oligohalino. A) Concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), B) contenido en fosfatos, y C) relación DIN/fosfato. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

#### *2.6.7.2.2. Tipo MESOHALINO*

El EQR final discrimina de forma eficaz las muestras de las *Referencias*, de las no referencias e hipogénicas (Fig. 2.70A). Respecto a los nutrientes, se observa como aquéllas masas de aguas con aporte hipogénico, presentan elevada carga de fosfatos y nitrógeno inorgánico, aunque la relación nitrógeno y fosfatos muestra un alta variación en aquellos humedales sin aportes hipogénicos (Fig. 2.70).

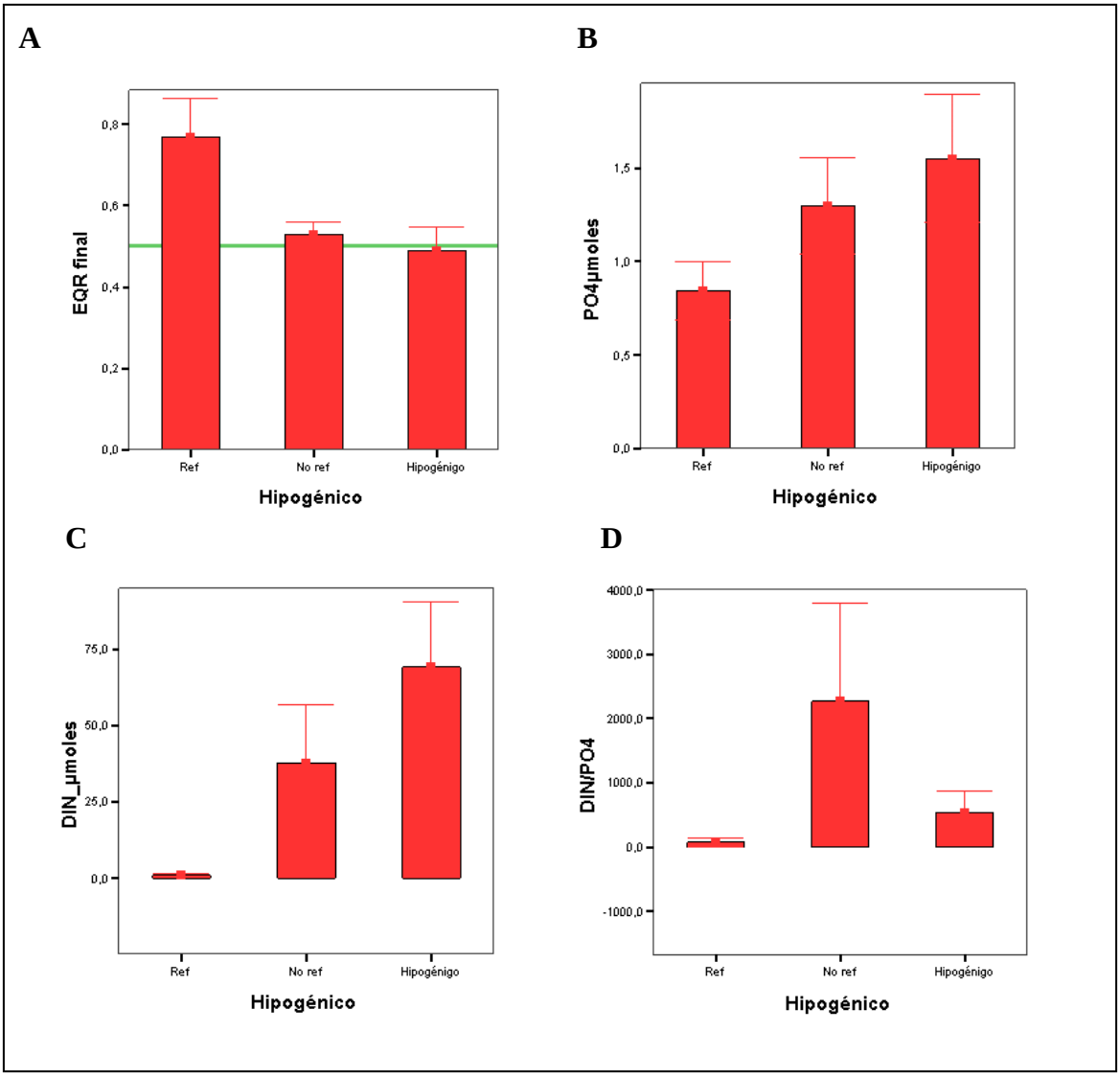



Figura 2.70. Diagramas de barras en el que se muestra el valor del EQR (A) y de distintos nutrientes (B-D) en función de la condición de referencia y del origen del agua hipogénico de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Mesohalino. A) Valor de EQR final, la línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5); B) contenido en fosfato, C) concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), y D) relación DIN/fosfato. Se han diferenciado las categorías Referencia (Ref), No referencia (No ref) e Hipogénico. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

#### *2.6.7.2.3. Tipo EUHALINO*

Para el tipo Euhalino, todas las referencias tienen aportes de agua hipogénico. Aún así, el EQR final discriminar de forma eficaz las muestras *Referencias/Hipogénicas*, de las no referencias e hipogénicas. Entre estas dos últimas, el EQR final continúa siendo

discriminatorio, situando a las muestras hipogénicas en estado *Moderado*, en las que además, la variabilidad es mínima (Fig. 2.71). Si se analizan por separado los EQR de los elementos biológicos, invertebrados y fitoplancton, a partir del cuales se derivó el EQR final (ver apartado 2.6.6.1), se observa como es el EQR de fitoplancton (EQR-FITOHMIB) quien mayormente discrimina las muestras hipogénicas, demostrando que es éste el elemento biológico más sensible, para este tipo de presiones (debido a la existencia de mayores contenidos de fosfatos en las muestras hipogénicas), frente a la menor sensibilidad de los invertebrados (Fig. 2.71).

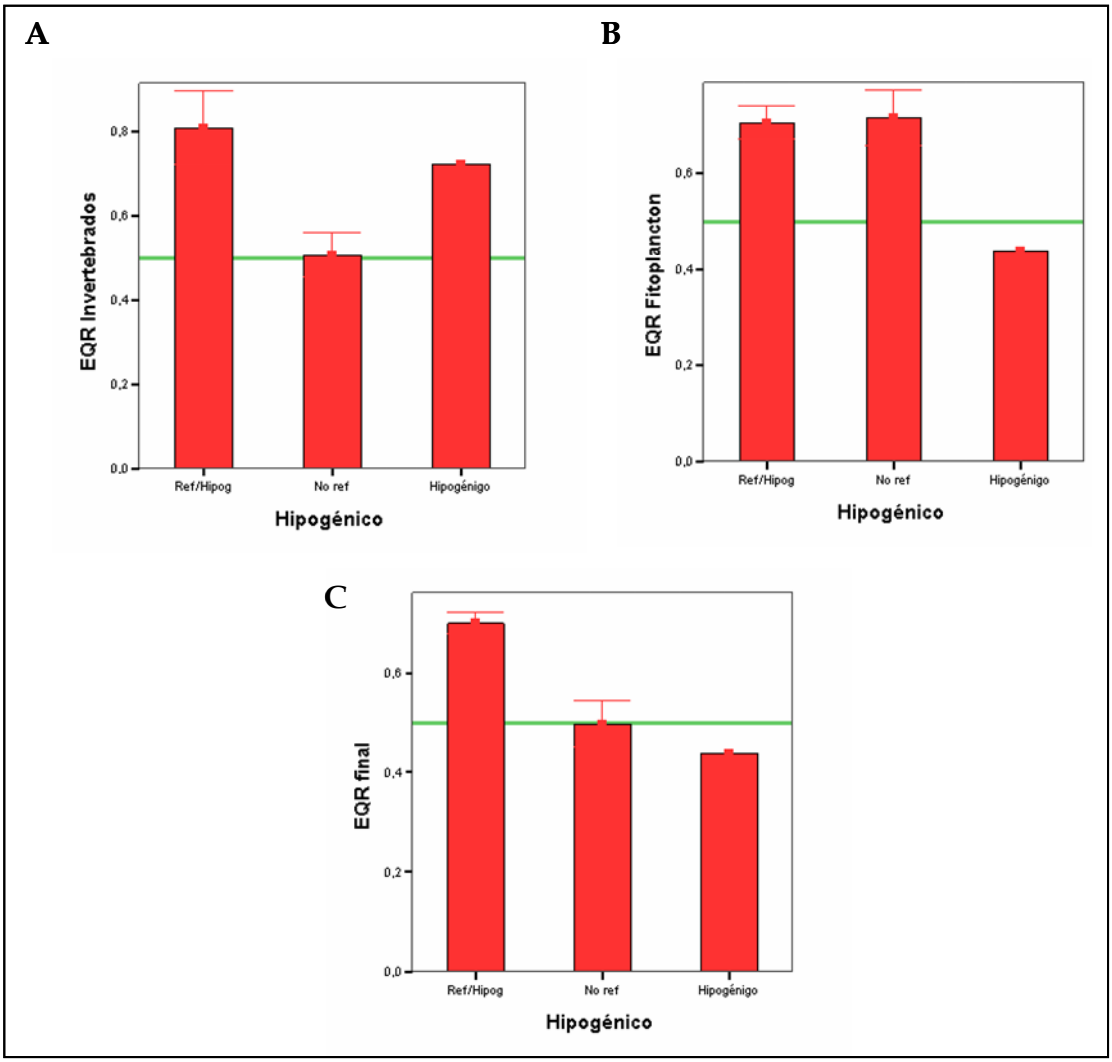



Figura 2.71. Diagramas de barras en los que se representan el valor promedio del EQR obtenido para cada elemento biológico (A-B) y el EQR final (C) en función a las categorías Referencia/Hipogénico (Ref/Hipog), No referencia (No Ref) e Hipogénico para el tipo Euhalino. A) EQR-INVHMIB, B) EQR-FITOHMIB, C) EQR final. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR = 0.5). Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

Respecto a los nutrientes, se observa como aquéllas masas de aguas con aporte hipogénico, presentan elevada carga de $PO_4$, aunque la variación en contenido de fosfato y nitrógeno, se produce en aquéllas masas de agua sin aporte hipogénico (no referencias) (Fig. 2.72).

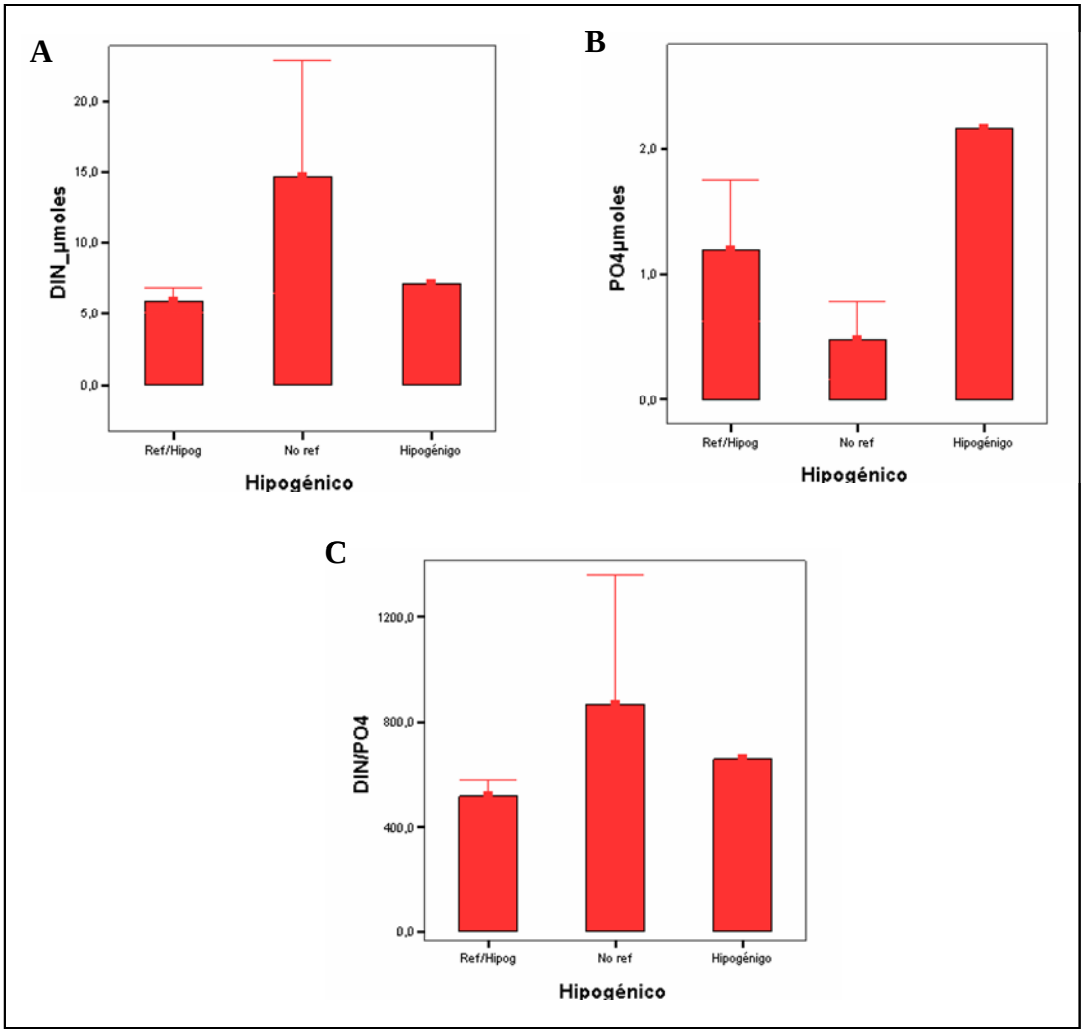



Figura 2.72. Diagramas de barras en el que se muestra el valor de distintos nutrientes en función de la condición de referencia y del origen del agua hipogénico de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Euhalino. A) Concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), B) contenido en fosfato, y C) relación DIN/fosfato. Se han diferenciado las categorías Referencia (Ref), No referencia (No ref) e Hipogénico. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

### 2.6.7.3. Efecto de la salinización e hidromorfología

El análisis de esta presión consiste, en examinar las consecuencias que puedan derivarse de la creación de salinas por acción humana sobre el estado ecológico de los humedales, por ejemplo, como la alteración físico-química de la composición del agua, favoreciendo por ejemplo acusados procesos de evaporación, así como la modificación propiamente física del humedal. Los procesos de evaporación facilitan la formación de sales, favoreciendo la precipitación de elementos como los fosfatos que permanecen en el sedimento, en vez de estar disponible en el medio de forma soluble, produciendo un enriquecimiento de este nutriente en el humedal. Para este análisis se han utilizado aquéllas salinas que bien, sean activas actualmente o bien, tuvieron esta condición en un momento de su historia y ahora están abandonadas (Salines d'Eivissa, Salines de Formentera, Prats i Salines de Mongofre, Salines de la Colonia de Sant Jordi, Salobrar de Campos). La presión de salinización, supone un gradiente de presión en las masas de aguas Oligohalinas, pero en este análisis de presiones no se ha visto reflejado, porque como se ha explicado, para dicho análisis, se han tenido en cuenta, salinas o modificaciones de origen antropogénico, por lo que debido a su condición de Oligohalino, ninguna de las muestras pertenecientes a este tipo, presenta dicha condición de *salinas*.

#### *2.6.7.3.1. Tipo MESOHALINO*

El EQR final discrimina de forma eficaz las muestras de *Referencia* del resto de las categorías, no referencias y salinas (Fig. 2.73). Sin embargo, el análisis por separado del EQR de cada elemento biológico, invertebrados y fitoplancton, refleja que el EQR-FITOHMIB, no tiene la capacidad discriminatoria comparable al EQR-INVHMIB en el caso de las salinas (Fig. 2.73A, 2.373B). Se deduce que los invertebrados pueden ser más apropiados para detectar este gradiente de presión.

Los valores más altos de nutrientes obtenidas para las zonas húmedas incluidas en este tipo corresponden a las no referencias (Fig. 2.74). Tanto las referencias, como las salinas presentan los valores mínimos de fosfatos y nitrógeno inorgánico (Fig. 2.74). El hecho de que los puntos evaluados de no referencia (supuestamente afectados por aportes de nutrientes) y las salinas, presenten valores medios de EQR similares, y dado que el menor EQR de las salinas frente a las referencias no puede explicarse por los nutrientes (tienen valores bajos), indica que los invertebrados están siendo afectadas por otro tipo de presión. Esta puede ser la de

salinización/afección del hábitat físico debido a los trabajos pasados o presentes, llevados a cabo en las salinas.

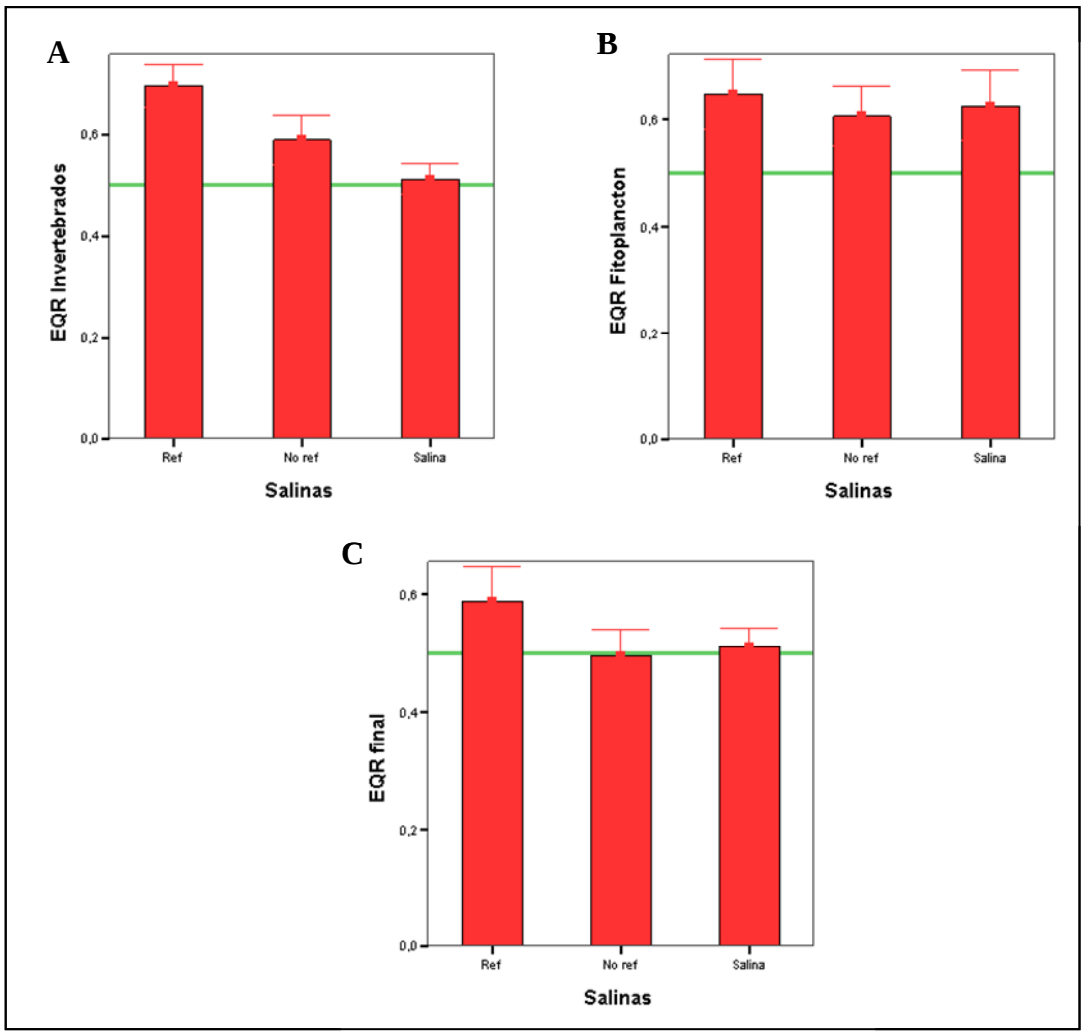



Figura 2.73. Diagramas de barras en los que se representan el valor promedio del EQR obtenido para cada elemento biológico (A-B) y el EQR final (C) en función a las categorías Referencia (Ref), No referencia (No Ref) y Salina para el tipo Mesohalino. A) EQR-INVHMIB, B) EQR-FITOHMIB, C) EQR final. La línea verde, indica el punto de corte entre el estado Bueno y el Moderado (EQR = 0.5). Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

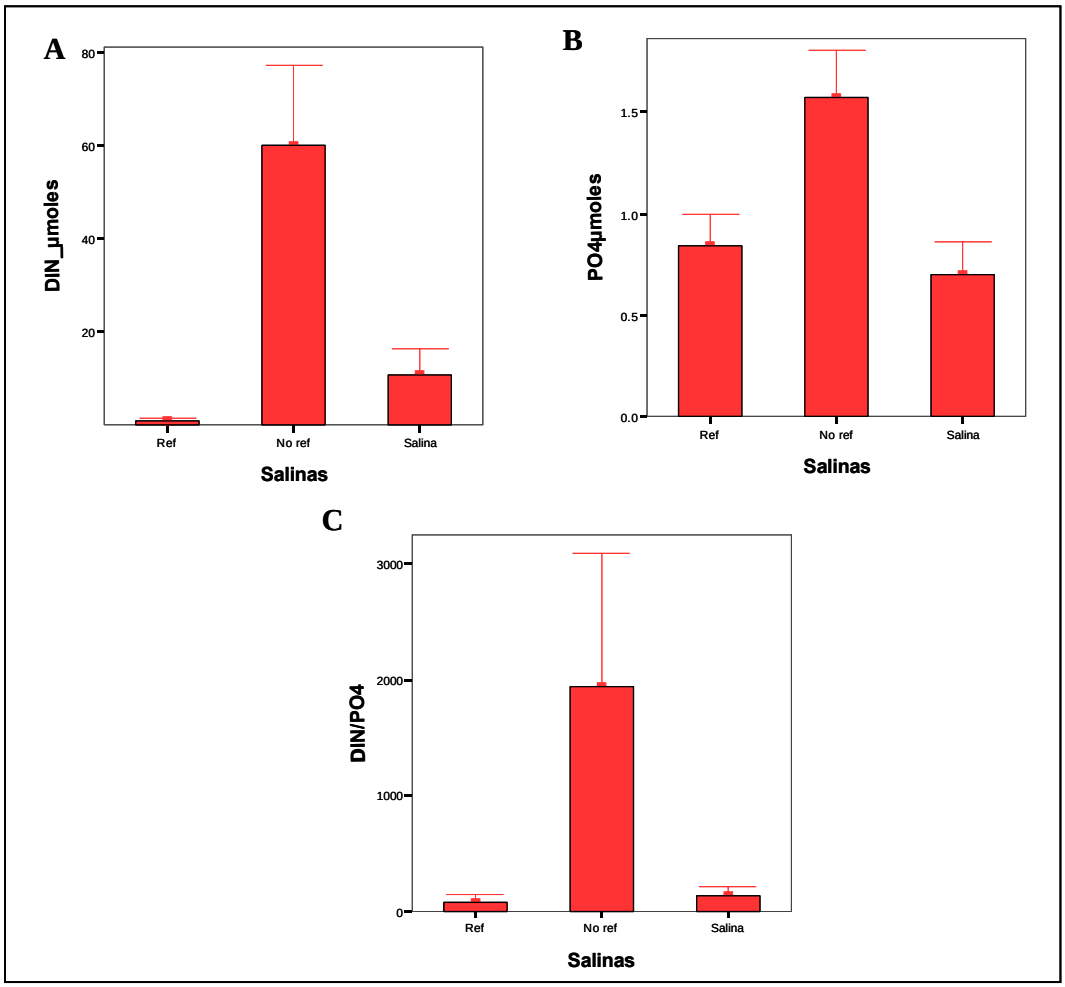



Figura 2.74. Diagramas de barras en el que se muestra el valor de distintos nutrientes en función de la condición de referencia y del origen del agua hipogénico de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Mesohalino. A) Concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), B) contenido en fosfato, y C) relación DIN/fosfato. Se han diferenciado las categorías Referencia (Ref), No referencia (No ref) y Salina. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

#### *2.6.7.3.2. Tipo EUHALINO*

Para el tipo Euhalino, una de las referencias, MA22 (Colonia de Sant Jordi) presenta la condición de Salina. Aún así, el EQR final parece discriminar las muestras de *Referencia*, de las no referencias y salinas (Fig. 2.75A). Entre las *Referencias* y las *Referencias/Salinas*, el EQR medio es mayor en este segundo grupo (Fig. 2.75A), respondiendo adecuadamente a su condición de Euhalino, por lo que muestras más salinizadas, tendrán un Estado ecológico mejor, que aquéllas referencias no tan salinizadas. Respecto a los nutrientes, las salinas

presentan un elevado nivel de nitrógeno disuelto y la relación DIN/$PO_4$, mientras que para los fosfatos es la *Referencia/Salina* la que está más enriquecida en este elemento, pudiéndose dar la dinámica de precipitación explicada al inicio de este apartado (Fig. 2.75B-D).

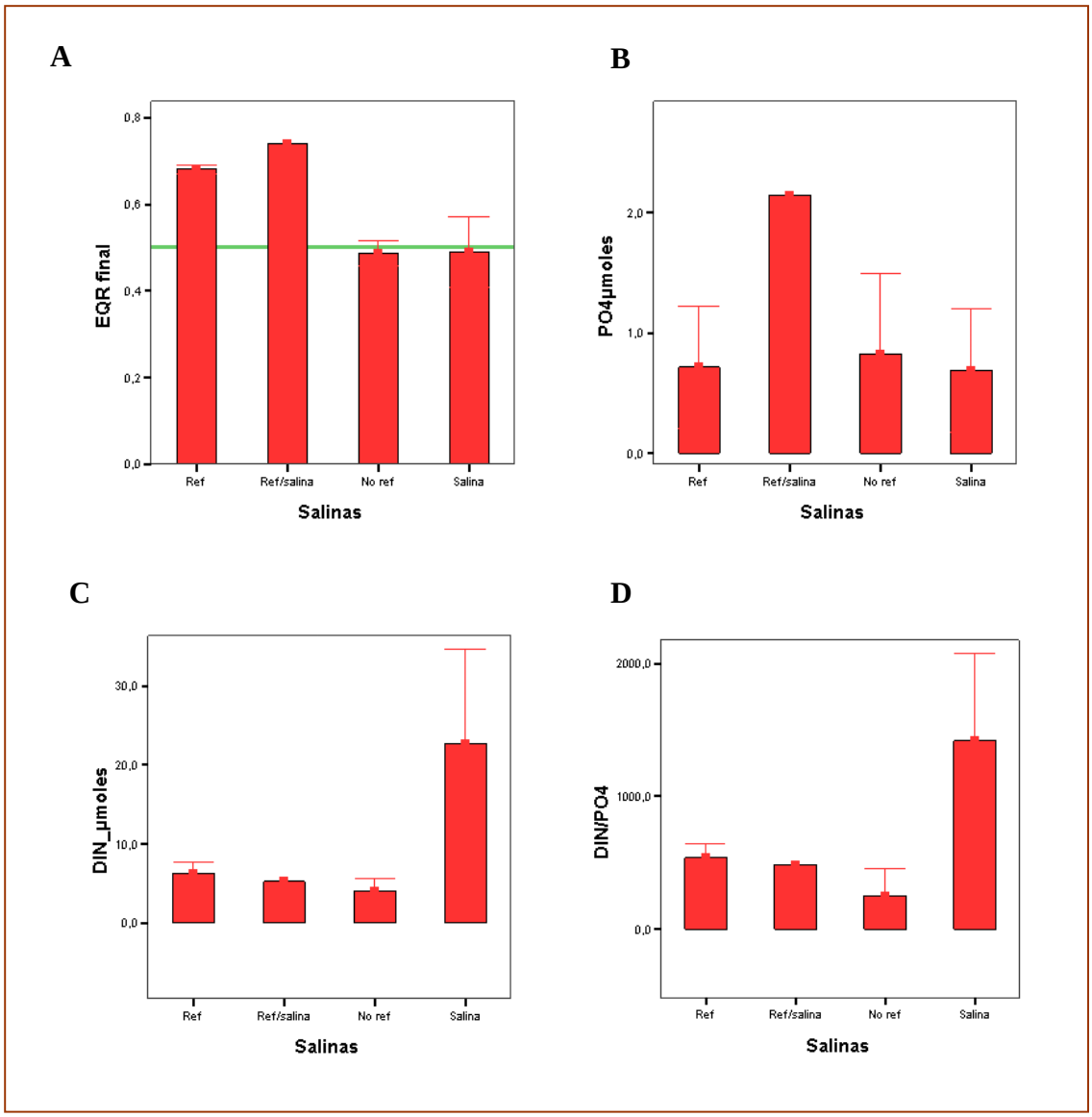



Figura 2.75. Diagramas de barras en el que se muestra el valor del EQR (A) y de distintos nutrientes (B-D) en función de la condición de referencia y de la cpomdición de salinas de las zonas húmedas pertenecientes al tipo Euhalino. A) Valor de EQR final, la línea verde, indica el punto de corte entre el estado *Bueno* y el *Moderado* (EQR = 0.5); B) contenido en fosfato, C) concentración de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), y D) relación DIN/fosfato. Se han diferenciado las categorías Referencia (Ref), Referencias/Salinas (Ref/Salinas), No referencia (No ref) y Salinas. Se muestra el valor medio ± 1 Error estándar (EE).

### 2.6.7.4. Conclusiones al estudio del análisis de presiones

De manera general, las conclusiones que obtenidas de este estudio en cuanto al análisis del efecto de las 3 presiones analizadas en los tipos de zonas húmedas identificadas se pueden resumir como sigue:

***Tipo OLIGOHALINO.-*** se ve afectado por distintas presiones, orgánica (depuradora/vertidos), y de posibles enriquecimientos en nutrientes por origen hipógeo.

***Tipo MESOHALINO.-*** las zonas húmedas que pertenecen a este tipo no están afectados por depuradoras/vertidos, pero si pueden verse afectados por el origen hipogénico del agua con carga de nutrientes (nivel freático en todas y en algunas además, también intrusión marina), así como por una modificación hidromorfológica y química debida a la operación humana en salinas. El EQR-INVHMIB (EQR de invertebrados), no mostró una tendencia clara de respuesta a los nutrientes pero parece capaz de detectar la presión producida por la salinización/modificación física, derivada de las salinas. Por otro lado, el EQR-FITOHMIB (EQR de fitoplancton) presenta la dinámica contraria, responde al gradiente trófico (nutriente y clorofilo *a*), pero no parece responder al gradiente de salinización (dados los menores contenidos en nutrientes de las salinas en general). De ahí las diferencias de evaluación del *Estado Ecológico* de algunas masas de aguas, por parte de un u otro elemento biológico de calidad. La determinación de la clase integrada de *Estado Ecológico* fue dada en su mayor parte por los invertebrados, que tienden a penalizar más al considerar también la presión hidromorfológica de las salinas, frente al fitoplancton más indiferente. Por ello, las clases de *Estado Ecológico*, propuestas para el tipo Mesohalino, han sido establecidas como respuesta a un gradiente de salinización/modificación física del humedal, más que en base a una presión trófica. Se propone, seguir analizando en esta línea de investigación, en función de los resultados obtenidos actualmente y con datos futuros, para mejorar los multimétricos para fitoplancton e invertebrados, que sean capaces de responder a cada uno de los gradientes de presión identificados.

***Tipo EUHALINO.-*** se ve afectado por la presión de las depuradoras y el origen de agua hipogénico. La presión por salinización, y variación anual no parece identificarse como presión para los elementos biológicos ya que son parte de la dinámica natural de estos sistemas.

# 2.7. CONCLUSIONES

## 2.7.1. Estado general de la red de humedales

Una vez analizado el estado ecológico de cada una de las 51 zonas húmedas incluidas en este estudio en base a los elementos biológicos del fitoplancton e invertebrados bentónicos procedemos al análisis detallado de los humedales donde éstas se incluyen.

| Isla | Humedal | Toponimo | ID_SubZona | TIPO | Clase Estado Ecológico | Problemática asociada | Acción recomendada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IB | EI01 | Salines Eivissa | EI011ZH01 | Eu | DEFICIENTE | *Explotación salinas *Turismo | *Aguas muy modificadas |
| | | | EI01ZH02 | Eu | BUENO | | |
| | EI02 | Feixes Talamanca Vila | EI02 | Meso | DEFICIENTE | *Explotación salinas | *Aguas muy modificadas |
| FO | F001 | Estany Pudent | FO01 | Oligo | BUENO | | |
| | F002 | Estany des Peix | FO02 | Eu | MODERADO | *Muestreo en surgencia | *Cambio punto de muestreo |
| | F003 | Salines de Formentera | FO03 | Eu | BUENO | | |
| | F004 | Estany de s´Espalmador | F004 | Eu | REFERENCIA | | |
| ME | ME01 | Albufera des Grau | ME01ZH02 | Meso | MODERADO | *Algunas zonas muy someras (ZH02) | *Resisar posibles extracciones de agua |
| | | | ME01ZH03 | Meso | REFERENCIA | | |
| | | | ME01ZH04 | Meso | REFERENCIA | | |
| | ME04 | Gola de Cala en Porter | ME04 | Oligo | MODERADO | *Posibles vertidos *Plantaciones de frutales | *Revisión del funcionamiento de las depuradoras (Cala en Porter, Alaior) |
| | ME05 | Prat de Son Bou | ME05ZR05 | Oligo | BUENO | | |
| | ME06 | Gola del Torrent de Trebaluger | ME06 | Oligo | DEFICIENTE | *Ganado *Vertidos de la depuradora de Ferreries | *Revisión del funcionamiento de la depuradora |
| | ME09 | Prat de Bellavista - Son Saura | ME09ZH01 | Oligo | REFERENCIA | | |
| | ME10 | Gola del Torrent d'Algaiarens | ME10 | Oligo | BUENO | | |
| | ME11 | Gola i maresme de Binimel·là | ME11ZH06 | Oligo | DEFICIENTE | *Ganaderia *Patos *Turismo (aparcamiento muy cercano) *ZH07 es una laguna que no debería incluirse como parte del humedal | *Reubicar la situación del aparcamiento *Erradicar patos |
| | | | ME11ZH07 | Oligo | BUENO | | |
| | ME13 | Prat de Lluriac - Tirant | ME13ZH02 | Oligo | BUENO | | |
| | | | ME13ZH03 | Oligo | BUENO | | |
| | ME17 | Albufera de Mercadal | ME17 | Oligo | BUENO | | |
| | ME19 | Prats i Salines de Mongofre | ME19ZH02 | Meso | BUENO | *Algunas zonas muy someras (ZH03) | *Aguas modificadas *Resisar posibles extracciones de agua |
| | | | ME19ZH03 | Meso | MODERADO | | |
| | | | ME19ZH04 | Meso | BUENO | | |
| | ME20 | Prat de Morella | ME20ZH02 | Oligo | REFERENCIA | | |

Tabla 2.67a. Resumen del estado ecológico de las zonas húmedas en función del humedal al que pertenecen en las Islas de Ibiza, Formentera y Menorca).. Se indica el impacto principal identificado en los humedales que contienen puntos en riesgo así como las recomendaciones de acciones propuestas a partir de lo indicado en el apartado 2.6.7. Oligo = oligohalino, Meso = Mesohalino, Eu = Euhalino.

| Isla | Humedal | Toponimo | ID_SubZona | TIPO | Clase Estado Ecológico | Problemática asociada | Acción recomendada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MA | MA01 | Albufera de Mallorca | MA01MOLINI | Meso | BUENO | *Ganado *Gestión hidrológica actual del parque (e.g., efecto de compuertas, dragado y construcción de nuevos canales) | *Aguas muy modificadas *Revisión del plan gestor actual del parque *Incluir plan de rehabilitación hidrológica |
| | | | MA01ZH02 | Oligo | BUENO | | |
| | | | MA01ZR01 | Meso | BUENO | | |
| | | | MA01ZR03 | Oligo | BUENO | | |
| | | | MA01ZR11 | Oligo | MODERADO | | |
| | | | MA01ZR13 | Oligo | BUENO | | |
| | MA03 | Albufereta de Pollença | MA03CAN | Meso | MODERADO | *Vertidos de depuradora *Infiltración de fosas sépticas | *Revisión del funcionamiento de las depuradoras *Revisión del alcantarillado |
| | | | MA03ESLLACS | Meso | BUENO | | |
| | | | MA03SABAR | Meso | MODERADO | | |
| | MA04 | Prat Maristany-Estany Ponts | MA04ZH01 | Meso | BUENO | *Parque acuático y polideportivo *ZR07 es Artificial | *Debido a usos considerar el humedal como *Moderado* *Revisar vertidos y obras |
| | | | MA04ZR02 | Oligo | DEFICIENTE | | |
| | | | MA04ZR07 | Meso | BUENO | | |
| | MA06 | Estany de Son Bauló | MA06 | Oligo | DEFICIENTE | Vertidos de la depuradora de Muro y Sta. Margarita | *Revisión del funcionamiento de las depuradoras |
| | MA07 | Estany de Son Real | MA07I | Meso | BUENO | | |
| | | | MA07II | Meso | BUENO | | |
| | MA08 | Estany de Na Borges | MA08I | Meso | DEFICIENTE | *Cuenca de captación muy arcillosa (erosión, | *Plan de gestión a nivel de cuenca |
| | | | MA08II | Meso | DEFICIENTE | | |
| | MA09 | Estany de Canyamel | MA09ZH01 | Oligo | BUENO | | |
| | MA13 | Estany de Cala Magraner | MA13 | Meso | DEFICIENTE | *Presión turística, residuos | *Gestión de usos de la playa |
| | MA14 | Estany de Cala Murada | MA14H01 | Meso | BUENO | | |
| | MA18 | Fonts de Na Lis | MA18 | Eu | MODERADO | *Aguas residuales de la EDAR de Barques Trencadas *Ganado | *Revisión del funcionamiento de las depuradoras *Gestión del terreno para uso del ganado |
| | MA19 | S'Amarador | MA19 | Meso | BUENO | | |
| | MA20I | Estany de ses Gambes | MA20 | Eu | REFERENCIA | | |
| | MA21 | Estany des Tamarells | MA21 | Oligo | DEFICIENTE | *Muestreada una laguna mantenida artificialmente por bomba (aportes artificiales de agua dulce) *Patos | *Revisar el funcionamiento de la bomba *Cambiar diseño de puntos |
| | MA22 | Salines de Colònia de S. Jordi | MA22 | Eu | REFERENCIA | | |
| | MA23 | Salobrar de Campos | MA23Estre | Eu | BUENO | *Sistema de salinas *Ganado | *Aguas muy modificadas *Cambiar diseño de puntos |
| | | | MA23Salobrar | Meso | MODERADO | | |

Tabla 2.67b. Resumen del estado ecológico de las zonas húmedas en función del humedal al que pertenecen en la Isla de Mallorca.. Se indica el impacto principal identificado en los humedales que contienen puntos en riesgo así como las recomendaciones de acciones propuestas a partir de lo indicado en el apartado 2.6.7. Oligo = oligohalino, Meso = Mesohalino, Eu = Euhalino.

## 2.7.2. Propuesta de seguimiento y mejora de la red de humedales

De forma previa al establecimiento final de las redes de vigilancia y operativa, se propone la continuación de los trabajos iniciados con el objeto de validar y mejorar los sistemas desarrollados para la clasificación del estado ecológico desarrollados en el pasado convenio para las zonas húmedas:

1. Continuación de la recogida de muestras en zonas húmedas con idénticas metodologías y protocolos a los del convenio previo "Implementación de la Directiva Marco del Agua en Baleares: Evaluación de la calidad ambiental de las masas de agua epicontinentales (Torrentes y zonas húmedas) utilizando indicadores e índices biológicos"
2. Revisión del diseño actual de la red de puntos y modificarlo tanto en aquellos humedales en los que:
    - O bien se haya observado que los puntos estudiados fueron poco representativos (e.g., FO01 (Pudent), FO02 (Estany des Peix), ME05ZR05 (Son Bou), MA03 (Albufereta), MA14 (Cala Murada))
    - O bien sean salinas, de manera que en el diseño se asegure la inclusión de puntos situados fuera del propio circuito de las salinas, supuestamente mejor conservados (e.g., EI01ZH01 (Salinas de Ibiza), FO03 (Salinas de Formentera), ME19 (Salinas Mongofre)).
3. Planificación de las campañas de muestreo en base a las dos campañas identificadas como más óptimas para la recogida de muestras dependiendo de los elementos biológicos de calidad, análisis físico-químico de las aguas. Se contempla asimismo el seguimiento mensual de la composición de nutrientes y cloruros en zonas húmedas.
4. Estudiar la posibilidad de ampliar la red de humedales estudiados, dando prioridad a aquellos que por sus características puedan aportar información relevante a la heterogeneidad de las zonas húmedas del archipiélago (e.g., Port de Sanitga, Ses Fontanelles, Maresme des Canutells, etc.).
5. Análisis y validación de los sistemas desarrollados en el pasado convenio con los nuevos datos recogidos. La nueva recogida de datos estará diseñada para cubrir dichos aspectos de la evaluación del estado ecológico

Además, se propone la explotación de las redes de vigilancia y operativa en Zonas húmedas de la Islas Baleares, para obtener una visión general coherente y completa del estado ecológico y químico. Para ello se necesita realizar un diseño basado en la representatividad y

en la designación de las masas de agua en riesgo. Para la selección de las localidades apropiadas de las dos redes, se precisan de protocolos con especificaciones científicas y técnicas de los indicadores de calidad, parámetros relevantes y la periodicidad de muestreo para los dos programas de seguimiento. Este análisis se apoya en la recogida de datos biológicos, hidromorfológicos, y físico-químicos, así como series de datos previos recogidos dentro del marco del convenio anterior.

Las definiciones de las dos redes de seguimiento deben cubrir:

1. **Explotación de la red de vigilancia.-** constituida por localidades representativas de los tres tipos de zonas húmedas, para su uso en el seguimiento de vigilancia y su programa, de forma que permita obtener la información esencial para determinar los requisitos de los programas de seguimiento en los planes hidrográficos de cuenca actuales y futuros en torrentes y aguas de transición.
2. **Explotación de la red operativa.-** constituida por localidades que estén en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales para su uso en el seguimiento operativo y su programa, de forma que permita seguir el estado ecológico de las aguas que estén en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales y permita evaluar la eficacia de los medidas aplicadas para su mejora

### 2.7.3. Recomendaciones para el programa de medidas

El programa de medidas debe ir dirigido a la recuperación del estado ecológico en las masas de agua en riesgo de no cumplir objetivos ambientales. Las masas de agua que pueden identificarse en riesgo pueden verse afectadas por diversas presiones de origen puntual o difuso (Tabla 2.67). En este apartado se describen algunas recomendaciones orientadas a la reducción de la presión de origen humano en las zonas húmedas, por lo que pueden definirse como líneas de trabajo a desarrollar dentro del programa de medidas. Las acciones principales identificadas se recogen en la Tabla 2.67.

Algunos tipos de presión pueden ocasionan un mayor o menor efecto sobre el estado ecológico de los humedales, siempre en relación a la intensidad y magnitud de la presión ejercida y al tamaño de la masas de agua.

### 2.7.3.1. Contaminación puntual por depuradoras y vertidos

Este tipo de presión tiene un potencial alto de ejercer un efecto significativo y disminuir el estado ecológico. De forma general, los humedales de las Islas Baleares son de pequeña entidad (escasa superficie y profundidad y en consecuencia un pequeño volumen de agua), lo que los hace ser muy vulnerables si se ven afectados por este tipo de presión, incluso a umbrales de intensidad y magnitud de la presión bajos. Bajo este tipo de presión los efectos principales consisten en la entrada de elevadas cantidades de materia orgánica que al mineralizarse consume el oxígeno disuelto y causa la muerte a las comunidades acuáticas más sensibles. Una vez mineralizada, esta materia orgánica pasa a formas inorgánicas solubles, como el fósforo (origen urbano en detergentes principalmente) y nitrógeno. El fósforo tiende a acumularse en sedimentos y en agua, mientras que el nitrógeno puede retornar a la atmósfera por desnitrificación. Ambos nutrientes pueden ocasionar procesos de eutrofización en los humedales que reciben la presión.

**Acciones recomendadas:**

1. Eliminación de la fuente puntual (vertido directo)
2. Transformación de los efluentes puntuales en difusos (i.e. mediante filtros verdes) lo que ocasiona una reducción de la carga de nutrientes que reciben los humedales, al ser asimilada por la vegetación terrestre del filtro
3. En el caso de las golas, humedales que reciben aportes desde la cuenca de captación desde aguas superficiales, se deben controlar las fuentes puntuales existentes en la cuenca, ya que, aunque los vertidos tengan un efecto local (los ríos temporales presentan también discontinuidad espacial, desapareciendo y apareciendo), su efecto puede transmitirse sobre largas distancias, en épocas de riadas y crecidas importantes, capaces de transportar nutriente sobre largas distancias por efecto de la rápida escorrentía superficial. Especial cuidado se debe tomar en el caso de deposición de lodos de depuradora en zonas inundables de la cuenca, donde pueden constituir depósitos continuos de aporte de nutrientes y materia orgánica a los torrentes.
4. Si no se elimina la fuente puntual, otras medidas de remediación pasan por la eliminación del fósforo acumulado mediante cortes sucesivos de la vegetación acuática, ya que esta actúa como bomba de nutrientes desde el sedimento a la biomasa vegetal, con lo que se eliminan nutrientes en biomasa. Otra medida posible

sería la eliminación de nutrientes en biomasa de peces, pero esta medida implica la introducción de poblaciones de peces con implicaciones sobre la estructura del ecosistema, en humedales en los que no se han gestionado previamente poblaciones piscícolas.

#### 2.7.3.2. Contaminación difusa por actividades agrícolas

Esta presión, aunque difusa en origen, puede llegar a desarrollar un efecto a largo plazo muy difícil de recuperar. En su forma inicial, un pequeño enriquecimiento en nutrientes solo implicaría una pequeña desviación del *Muy Buen* estado ecológico. En fases avanzadas, históricas, la distinta dinámica de nutrientes entre ciclos elementales sedimentarios y gaseosos, ocasionan una acumulación diferencial del fósforo, y una dinámica del nitrógeno con tendencia a la liberación gaseosa por desnitrificación a la atmósfera. Los humedales tienden a ser trampas de sedimento y acumulan fósforo. También se pueden acumular en sedimentos los herbicidas y pesticidas utilizados habitualmente en agricultura, con potencial de retenerse en sedimentos e incorporarse a la biomasa de los organismos que hábitat el humedal, pudiendo bioacumularse y transmitirse en la cadena trófica. Bajo este tipo de presión los efectos principales consisten en la entrada de nutrientes (fósforo y nitrógeno). El fósforo tiende a acumularse en sedimentos y en agua, mientras que el nitrógeno puede retornar a la atmósfera por desnitrificación. Ambos nutrientes pueden ocasionar procesos de eutrofización en los humedales que reciben la presión. Los efectos de los herbicidas y pesticidas, aparte del propio efecto nocivo de su toxicidad para los organismos, puede potenciarse al bioacumularse en las cadenas tróficas, pudiendo llegar al hombre (p.e. peces, cangrejo rojo americano)

**Acciones recomendadas:**

1. La eliminación de la fuente difusa es muy difícil, y pasa por la adopción de medidas de buenas prácticas en cuencas de elevada dedicación agrícola o ganadera, en relación con la reducción de cargas propuesta por las directivas de nitratos y de aguas residuales.
2. Este caso es particularmente importante para los humedales tipo golas con grandes cuencas de captación desde aguas superficiales, se deben proponer manuales de buenas prácticas en cuencas de elevada dedicación agrícola o ganadera, ya que el

transporte de la nutrientes derivados de fertilizantes se realiza sobre largas distancias en época de riadas y crecidas importantes. También se debe propiciar la restauración de riberas en los torrentes de zonas agrícolas que drenan humedales, ya que las riberas tienen un papel natural de filtro verde, reteniendo sedimentos y nutrientes de forma previa a su arrastre a los torrentes y posterior drenaje en los humedales.

3. Si no se eliminan las fuentes difusas, otras medidas de remediación pasan por la eliminación del fósforo acumulado mediante cortes sucesivos de la vegetación, ya que esta actúa como bomba de nutrientes y se eliminan nutrientes en biomasa. Otra medida posible sería la eliminación de nutrientes en biomasa de peces, pero esta medida implica la introducción de poblaciones de peces con implicaciones sobre la estructura del ecosistema, en humedales en los que no se han gestionado previamente poblaciones piscícolas.

#### 2.7.3.3. Salinización/cambios hidromorfológicos

La actividad humana de extracción y concentración de sal en las salinas, ocasiona variaciones anómalas en la dinámica natural de la composición de las aguas de las masas de agua de transición, dirigida por los procesos de evaporación de sales. Esta dinámica se modifica al regular el hombre la comunicación hidrológica entre el mar y los humedales. También las actividades humanas influencian el hábitat físico de las salinas al operar de forma física el bentos litoral, compartimentalizando el hábitat a la vez que afectan a la comunicación hidrológica de algunas zonas del humedal. Esta presión puede tener una influencia reciente o histórica. Su mayor efecto es aumentar de forma no natural el nivel de salinidad y su fluctuación, pudiendo al modificar la variación natural imponer limitaciones al establecimiento de determinados organismos.

**Acciones recomendadas:**

1. La salinización es una presión que puede ser causada por el hombre. Las salinas activas podrían declararse modificadas en base a la modificación hidrológica que ocasiona cambios importantes en los niveles de salinidad con posibles efectos históricos de la modificación. La operación normal de las salinas, implica también la modificación física del hábitat. En las salinas abandonadas se podría intentar restablecer la conexión hidrológica natural, facilitando la descompartimentalización de las piscinas. Se restablecería así la dinámica natural de las salinas.

### 2.7.3.4. Aportes de nutrientes desde las masas de agua subterráneas

Muchos humedales reciben aportes freáticos, debido a su comunicación con las masas de agua de agua subterránea, bien continental, bien marina. Las masas de agua subterráneas en las Baleares son los últimos receptores de los aportes humanos derivados del saneamiento ineficiente o de los usos agrícolas (fertilizantes). Por ello humedales con alimentación hipogénica continental pueden verse más afectados por las presiones humanas que aquellos con alimentación superficial (dependiendo de las actividades extensivas en su cuenca) o marina. Como consecuencia de que muchos torrentes no llegan a desaguar en el mar, más que en épocas de crecidas, la capa subterránea es la que actúa de último compartimiento en la inmovilización de nutrientes. El fósforo tiende a precipitar, pero el nitrógeno no, de ahí los elevados valores de nitrógeno que se registran en ellas. La tendencia a largo plazo de enriquecimiento en nutrientes que sufren las aguas subterráneas continentales es susceptible de afectar con la misma tendencia temporal a los humedales que alimentan.

**Acciones recomendadas:**

1. Eliminar los puntos de vertido puntual afectan a los torrentes en las cuencas receptoras en zonas de infiltración a la capa subterránea.
2. Controlar las cargas de nutrientes provenientes de la agricultura/ganadería mediante la adopción de buenas prácticas en zonas con activa dedicación agrícola/ganadera, donde se produce infiltraciones conocidas a las capas subterráneas. Adopción de nuevas tecnologías para el reciclado y reutilización de los residuos orgánicos sólidos de origen animal, que prevengan su eliminación en circuitos cerrados y reduzcan la entrada de los mismos en las vías acuáticas.
3. Si no se eliminan las fuentes difusas, otras medidas de remediación pasan por la eliminación del fósforo acumulado mediante cortes sucesivos de la vegetación, ya que esta actúa como bomba de nutrientes y se eliminan nutrientes en biomasa. Otra medida posible sería la eliminación de nutrientes en biomasa de peces, pero esta medida implica la introducción de poblaciones de peces con implicaciones sobre la estructura del ecosistema, en humedales en los que no se han gestionado previamente poblaciones piscícolas.

## 2.8. BIBLIOGRAFIA

DILLARD, G. E. 1999. Common Freshwater algae of the United States. An Illustrated Key to the Genera (Excluding the Diatoms). J. Cramer. Berlín. 173pp.

DILLARD, G. E. 2000. Freswater algae of the Southeastern United States. Part 7. Pigmented Euglenophyceae En: KIES, L. & SCHNETTER, R. (Eds.), Bibliotheca Phycologica 106: 1-135. J. Cramer. Berlín.

JOHN, D. M., WHITTON, B. A., & BROOK, A. J. (Eds.). (2002). The Freshwater Algal Flora of The British Isles. An Identification Guide to Freswater and Terrestrial Algae.The Natural History Museum. University Press. Cambridge. 702pp.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1988. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. En: ETTL, H.; GÄRTNER, J.; HEYNIG, H. et MOLLENHAUER, D. (Eds.), Die Süßwasserflora von Mitteleuropa 2(2): 1-596. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. En: ETTL, H.; GÄRTNER, J.; HEYNIG, H. ET MOLLENHAUER, D. (Eds.), Die Süßwasserflora von Mitteleuropa 2(3): 1-575. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanophyta part 2: Oscillatoriales. En: BÜDEL, B., H.; GÄRTNER, J.; KRIENITZ, L., & SCHAGERL, M. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2: 1-759. Gustav Fisher. Jena.

LORENZEN, C. J. 1967. Determination of Clorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. Limnology and Oceanography 12:342–346.

WRONA, F.J., J.M. CULP, AND R.W. DAVIES. 1982. Macroinvertebrate subsampling: a simplified apparatus and approach. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 39: 1051-1054.