

LAS RAMBLAS DEL CAMPO DE CARTAGENA. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA LAGUNA DEL MAR MENOR

*Marina Martínez Menchón**

RESUMEN

El Campo de Cartagena, es una unidad hidrogeológica amplia y compleja situada en el sudeste de la Región de Murcia, en el que no existen cursos permanentes de aguas superficiales. Las Ramblas recogen las aguas de los períodos de lluvias, que aunque escasas suelen ser muy intensas.

Este trabajo pretende abordar los dos tipos principales de contaminación de las ramblas que drenan la cubeta sur de la laguna del Mar Menor: por un lado se encuentran las ramblas de la Sierra Minera de la Unión que descargan estériles mineros a la laguna, y por otro lado Las ramblas que provienen del Campo de Cartagena (destacando la Rambla del Albuñón) con sus excedentes de riego, fertilizantes y pesticidas, provocan la entrada de compuestos nitrogenados al Mar Menor.

ABSTRACT

Campo de Cartagena is a large and complex hydro-geological unit located in the southeast of Murcia region, where there are no constant courses of surface waters.

* Licenciada en Ciencias Ambientales. Becaria de Investigación del Instituto Euromediterráneo del Agua. Complejo de Espinardo. Ctra Nacional, 301. Edificio 27. CP 30100 - Espinardo - MURCIA. Tel. 968899851, e-mail: martinezmenchon@gmail.com

Watercourses gather water during rain periods, even though they are scarce, they tend to be intense.

This paper tries to approach two main kinds of watercourses pollution that drain the south basin of Mar Menor Lagoon: On the one hand there are Sierra Minera of La Union watercourses that unload mining steriles on the lagoon, and on the other hand watercourses that come from Campo de Cartagena (focusing on Albuñón watercourse) with their surplus of irrigation, fertilizers and pesticides, make the entrance of nitrogen compounds to Mar Menor.

INTRODUCCIÓN A LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DEL CAMPO DE CARTAGENA

Justino, 200 años después de Cristo dijo: *«In hac cursus amnium non torrentes rapidique, ut noceant, sed lenes, et vineis campisque irrigui, aestuariisque Oceani affatim piscosi»* (...), cuya traducción es: *«En ésta (España) los cursos de los ríos no son torrenciales y rápidos de forma que sean dañosos, sino que son pausados de suerte que sirven para regar en viñas y campos»*.

El Campo de Cartagena, es una unidad hidrogeológica amplia y compleja situada en el sudeste de la Región de Murcia que supone una zona regable que comprende una superficie de 41.562 Ha. Se caracteriza geomorfológicamente por su amplia llanura, con una pequeña inclinación hacia el sureste, rodeada, a excepción de la zona litoral, por elevaciones montañosas.

No existen cursos permanentes de aguas superficiales, sin embargo, una de las características más peculiares del paisaje, son las ramblas o barrancos que recogen las aguas den los períodos de lluvias, que aunque escasas suelen ser muy intensas. Son consecuencia de la particular disposición del terreno y del régimen climático, típicamente mediterráneo. La escorrentía superficial se drena en las sierras a través de numerosas ramblas de recorridos generalmente cortos y sinuosos, incorporándose progresivamente en la llanura a un sistema más jerarquizado que termina vertiendo al Mar Menor. Algunas ramblas se extinguen en la planicie debido a la escasez de pendiente y a la permeabilidad de los terrenos circundantes, o bien se ramifican en un conjunto de escorrentía difusa.

A la vertiente del Mar Menor se dirigen, en primer lugar, el principal colector del Campo, que es la rambla de Fuente Álamo, en la que afluyen las aguas de la mayor parte del Campo de Cartagena. Procede de las proximidades de dicho núcleo, sigue la dirección oeste-este hasta El Albuñón, donde cambia su nombre por el de Rambla del Albuñón, entre Venta Redonda y Boca Rambla. Se engrosa con las aportaciones de la Sierra de Carrascoy, que recibe por la izquierda y las de La Azohía por la derecha. Las ramblas del Beal y el Llano se encaminan al Mar Menor; esta última desemboca en las salinas de Lo Poyo.

Entre otras ramblas y barrancos destacan la Rambla de Benipila, el Barranco del Moro, la Rambla de la Carrasquilla, Los Barrancos de Ponce, Los Ángeles, los de La Pineda, Rancés, Mendoza...

En definitiva, el Campo de Cartagena no es una cuenca fluvial en sentido estricto o un territorio estructurado en torno a un curso principal, sino que está constituido por varias ramblas que desembocan directamente en el Mar, sin conexión. Se trata de un sistema de ramblas que funcionan por separado e integran unidades específicas de drenaje.

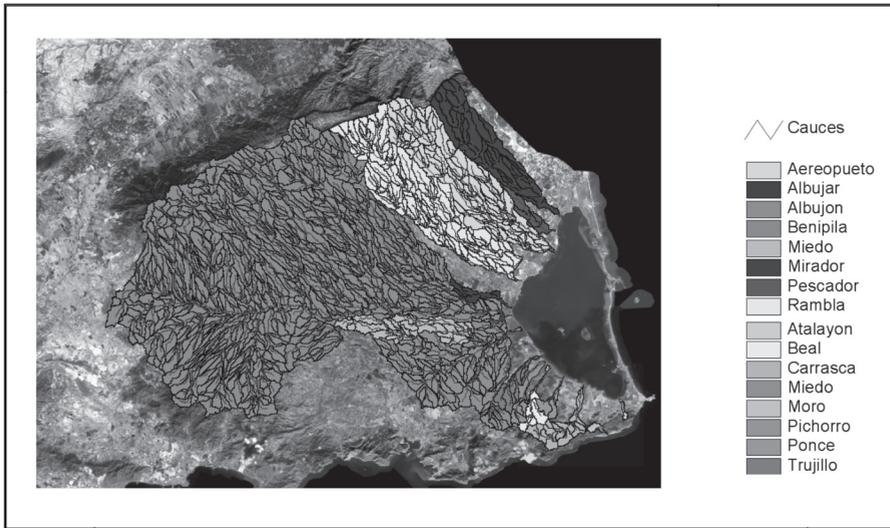


FIGURA 1. Principales Ramblas del Campo de Cartagena que drenan al Mar Menor.

CONDICIONES PLUVIOMÉTRICAS DEL CAMPO DE CARTAGENA

Los elementos esenciales que presentan sus características climáticas al Campo de Cartagena son los regímenes pluviométricos y termométricos, que pueden determinar espacios temporales más o menos prolongados donde los rasgos de aridez se atenúen en algún grado.

Las catorce estaciones meteorológicas localizadas en el área arrojan una pluviosidad media anual para el conjunto del Campo de 313 mm., el registro menor corresponde a la estación Cartagena «Castillo Galeras» (265'4 mm.) y el más elevado a la estación de Corvera (356'8 mm.). El mapa de isoyetas de la figura número 2, esboza los matices de la distribución de las lluvias sobre el territorio. Estas aportaciones se concentran en un escaso número de días de lluvia y se producen de forma preferente en los meses de otoño y primavera.

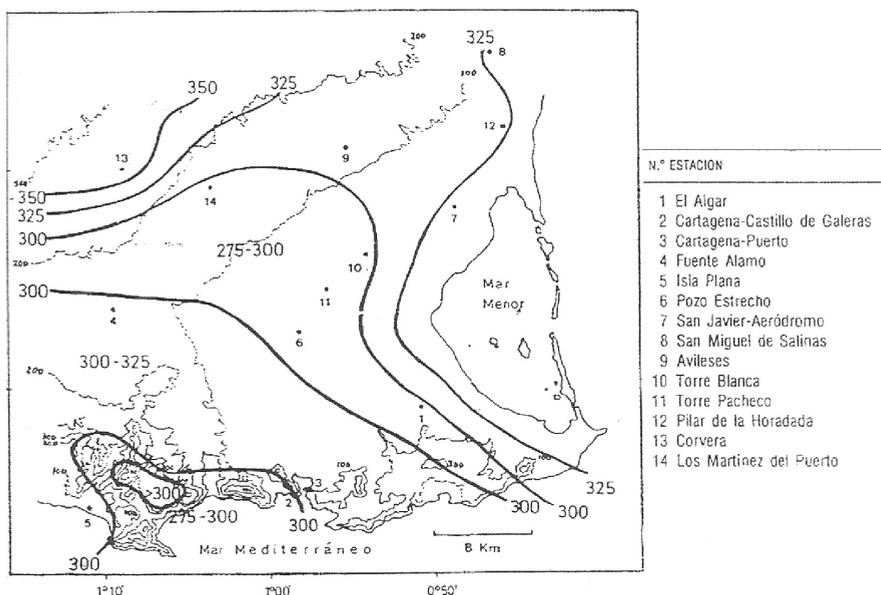


FIGURA 2. Isoyetas anuales en milímetros, según Conesa, 1990.

Acorde con las situaciones sinópticas inherentes al fenómeno torrencial y la dinámica climatológica regional, existe toda una serie de efectos convergentes, responsables directos de los intensos aguaceros y riadas que periódicamente azotan el Campo de Cartagena. Muchos de estos efectos han sido estudiados con mayor detalle para el Sureste Peninsular por Herin y Trzpit (1975), Miró Granada y Gelabert (1976), Capel Molina (1978), López Bermúdez (1979) y Martín Vide (1985). Los factores primarios generadores de aguaceros son:

- El elevado contenido higrométrico de la atmósfera
- La alta temperatura registrada superficialmente en las aguas del Mediterráneo Occidental y que prevalecen hasta finales del mes de Octubre.
- La presencia de «gotas frías» de altitud.
- La configuración del relieve, que favorece la ascensión vertical de las masas de aire mediterráneo cálidas y húmedas, con la consiguiente condensación de enormes cantidades de vapor de agua.
- La marcada inestabilidad de las masas de aire mediterráneo en otoño. La frecuente superposición del aire frío sobre el aire cálido de los niveles bajos provoca la existencia de un fuerte gradiente térmico vertical.

Las precipitaciones torrenciales constituyen un fenómeno reiterativo en la costa mediterránea española. A principios de otoño, cuando sectores localizados del Mediterráneo Occidental actúan como focos de gran termicidad y activos generadores de vapor de agua, en condiciones meteorológicas concretas, suelen producirse lluvias de tipo general, que adquieren especial abundancia en intensidad en áreas específicas, este es el caso del Campo de Cartagena (figura 3).



FIGURA 3. Desbordamiento de la Rambla de Benipila en su margen derecha a su paso por la ciudad de Cartagena, Octubre de 2002. (Fuente: www.asociacionanse.org)

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA A LAS RAMBLAS DEL CAMPO DE CARTAGENA

La contaminación del Mar Menor resulta un problema especialmente grave porque tanto la laguna del Mar Menor como su ribera y los humedales asociados conforman un ecosistema de excepcional valor ecológico, reconocidos a través de distintas medidas de protección, declarado área RAMSAR, la zona incluye varios espacios protegidos por la Ley 4/92 de Ordenación y Protección del Territorio de la Región de Murcia. El Parque Regional de San Pedro del Pinatar y el Paisaje Protegido de los Espacios Abiertos e Islas del Mar Menor, que incluye entre otros los humedales de Marina del carmolí y Playa de la Hita.

Este apartado pretende abordar los dos tipos principales de contaminación de las ramblas que drenan la cubeta sur de la laguna del Mar Menor.

- Las ramblas del Beal, Ponce y Carrasquilla, que drenan la Sierra Minera de Cartagena-La Unión. La descarga de residuos mineros en la laguna del Mar Menor como resultado del arrastre de los mismos por las aguas de escorrentía durante episodios de lluvias, constituye una potencial fuente de contaminación por metales pesados.
- Las ramblas que provienen del Campo de Cartagena (destacando la Rambla del Albuñón, por su longitud y que por ella fluye agua de forma continua) con sus excedentes de riego, fertilizantes y pesticidas, provocan la entrada de compuestos nitrogenados al Mar Menor, causando la eutrofización de las aguas de la laguna y el cambio en las comunidades de productores primarios tanto pelágicos como bentónicos.

Contaminación de la laguna del Mar Menor por metales pesados

Las actividades mineras generan una de las fuentes de contaminación por metales pesados más persistentes del planeta, generando grandes volúmenes de residuos, siendo éste muy susceptible de ser erosionado, especialmente en áreas donde las lluvias presentan un carácter torrencial (Jacob y Otte, 2004; Gieré *et al.*, 2003). Estos residuos pueden, por lo tanto, liberar metales durante cientos de años tras el cese de la actividad minera (Gundersen *et al.*, 2001; Tiwary, 2001). Por otro lado, una de las causas más importantes en la contaminación de las aguas es la generación de drenajes ácidos por la oxidación de los minerales con sulfuros como son las piritas (Tiwary, 2001; Sainz *et al.*, 2003; Grande *et al.*, 2005). Los bajos valores de pH resultantes, favorecen la dilución de los minerales y la liberación de metales tóxicos y otros elementos en los cuerpos de agua (Sainz *et al.*, 2004).

La Sierra de Cartagena-La Unión ha sido sometida a explotación minera durante milenios para la obtención de plomo, plata y zinc. Dichas actividades han generado

enormes cantidades de residuos que en la actualidad ocupan gran parte de la sierra. Aunque, toda actividad minera cesó en 1991, la explotación realizada a cielo abierto ha dado como resultado un paisaje fuertemente alterado y degradado con numerosos pozos, balsas y pantanos mineros. En la cara norte de la Sierra de Cartagena-La Unión se encuentra la laguna costera del Mar Menor, hipersalina y relativamente somera, una de las mayores lagunas costeras del Mediterráneo.

Cuando ocurren lluvias torrenciales las ramblas transportan drenajes y residuos asociados con las antiguas actividades mineras y suelos mineros abandonados al interior de la laguna, de manera que el ecosistema lagunar se verá afectado en un grado que depende de la fase en la que los metales sean transportados. Esto es debido a que la biodisponibilidad y la toxicidad de los metales se encuentran influenciadas por la distribución de los mismos entre las fases disuelta y particulada (Campbell, 1995, Baeyens *et al.*, 1998a; 1998b).

Debido a la escasa entrada de aguas continentales y a los altos niveles de evaporación, los valores de salinidad de la laguna varían entre 42 y 47 unidades prácticas de salinidad (ups). La masa de aguas se mantiene verticalmente homogénea, incluso en períodos durante los cuales las ramblas introducen gran cantidad de agua dulce, no habiéndose descrito fenómenos de hipoxia.

Marin-Guirao (2005) estudió dos eventos de lluvias torrenciales, correspondientes a los meses de octubre y noviembre 2003, en las ramblas de El Beal y Ponce, donde se descargaron en la laguna volúmenes de agua de lluvia significativos, con una fuerte carga en sólidos provenientes de la erosión de los pantanos mineros y de los suelos contaminados. La hidrografía de las ramblas está caracterizada por una crecida abrupta de corta duración, lo que significa que los drenajes ácido mineros ocurren en forma de pulsos durando apenas algunas horas. Durante la crecida se experimentó una caída drástica en la salinidad y el pH, y un incremento en la concentración de sólidos en suspensión en las desembocaduras de ambas ramblas. Esta escorrentía de lluvia, caracterizada por su alto contenido en sólidos en suspensión y concentraciones de metales particulados (tabla 1), evidenció que el material erosionado rico en metales alcanzaba las aguas de la laguna del Mar Menor a través de las ramblas; mientras que los bajos valores de pH y las altas concentraciones de metales en forma disuelta muestreados, apuntan a la generación de drenajes ácidos mineros (Akcil, y Koldas, 2005).

Cuando el agua de las ramblas acidificada se mezcla con las aguas tamponadas de la laguna, el pH aumenta rápidamente. Este incremento en los valores de pH se traduce en una reducción significativa de la capacidad de disolución de los residuos mineros (Grande *et al.*, 2005), favoreciendo que la carga de metales disueltos precipiten en la laguna. En este sentido, los altos niveles de metales de los sedimentos de la laguna en las últimas décadas (De León *et al.*, 1982; Rodríguez *et al.*, 2001), indican que gran proporción de metales, tanto disueltos como particulados, son retenidos dentro de la laguna.

Tabla 1
**RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE
 LAS AGUAS DE LA RAMBLA DE EL BEAL, MUESTREADA EL 6 DE
 OCTUBRE DE 2003**

Las concentraciones de metales están dadas en mg/l para metales disueltos y particulados; la salinidad en ups y el contenido en sólidos en suspensión (ss) en mg/l.

| Rambla de El Beal | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------|
| | <i>Metales (mg/l)</i> | | | | <i>Parámetros físico-químicos</i> | | |
| | Zn | Pb | Cu | Cd | Salinity | pH | SS |
| <i>disueltos</i> | 26,60 | 0,89 | 0,30 | 0,35 | 1,9 | 4,1 | 4901 |
| <i>particulados</i> | 31,65 | 141,41 | 1,64 | 0,15 | | | |

Fuente: Marín-Guirao, 2006.

Estas descargas de las ramblas provocan la aparición de toxicidad en las aguas lagunares, afectando negativamente a la salud del ecosistema. Diversos estudios revelan que con la misma duración de exposición y suficiente tiempo de recuperación, múltiples exposiciones a pulsos resultan menos tóxicas que una exposición continua (Kallander et al., 1997; Naddy y Klaine, 2001), pudiéndose además producir una tolerancia de la comunidad inducida por la contaminación crónica por metales (Millward y Grant, 1995).

Puesto que la laguna costera es un sistema concentrador, los metales son retenidos en los sedimentos debido a las condiciones salinas y tamponadas de sus aguas y debido a la gran cantidad de metales que son descargados. Por lo tanto, esta entrada de residuos mineros y su acumulación en la laguna implica un riesgo para el ecosistema lagunar en general y en última instancia para la salud humana.

Varios trabajos científicos se han centrado recientemente en acciones de remediación para disminuir la contaminación causada por residuos mineros (Akcil y Koldas, 2005; Jonson y Hallgerg, 2005). Un posible plan de remediación debería incluir la reducción de las pendientes de los pantanos con el fin de reducir su erosión, y el recubrimiento o encapsulamiento de los mismos con cal (óxido de calcio) con la finalidad de reducir su carácter ácido y minimizar su interacción con las lluvias y la atmósfera. Por otro lado, el dragado de los sedimentos contaminados de las ramblas parece ser necesario para acelerar la restauración de la zona. Finalmente, el recubrimiento de los lechos de las ramblas con calizas de manera que el agua de escorrentía sea tratada conforme fluye hacia la laguna reduciendo el impacto de las inundaciones en esta singular laguna costera.

Eutrofización de la laguna del Mar Menor por nutrientes procedentes de las ramblas del Campo de Cartagena

La ocupación agrícola del suelo en el Campo de Cartagena ha sido un proceso lento y prolongado, y si en el momento actual algunos municipios favorecidos por la topografía (como el de Torre Pacheco) tiene en regadío prácticamente la totalidad de su superficie agrícola, es una situación relativamente reciente en relación con su inclusión en el área regable por el trasvase Tajo-Segura.

Tabla 2
EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE EN CULTIVO Y REGADA EN EL TÉRMINO DE CARTAGENA

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Año 1755 | |
| EN CULTIVO | 37.634 ha |
| De éstas en regadío | 704 ha (1'9%) |
| Año 1850 | |
| EN CULTIVO | 37.168 ha |
| De éstas en regadío | 587 ha (1'6%) |
| Año 1947 | |
| EN CULTIVO | 33.869 ha |
| De éstas en regadío | 2.252 ha (6'6 %) |
| Año 1973 | |
| EN CULTIVO | 44.050 ha |
| De éstas en regadío | 5.225 ha(11'9 %) |
| Año 1981 | |
| EN CULTIVO | 43.995 ha |
| De éstas en regadío | 11.289 ha(25'7 %) |
| Año 1999 | |
| EN CULTIVO | 43.990 ha |
| De éstas en regadío | 13.658 ha(31 %) |

Fuentes: Catastr de La Ensenada; MADDOZ, P. Diccionario...; Estadísticas CARM.

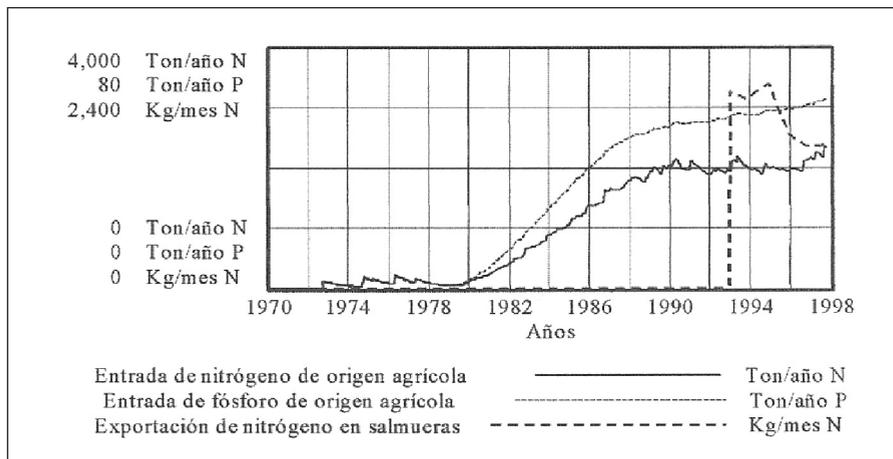
La tabla 2 expresa esta circunstancia respecto al término municipal de Cartagena y deja al mismo tiempo bastante claro la escasa importancia de los espacios regados dentro del territorio en cultivo, tan sólo allí donde la instalación de un artefacto elevador permitía el uso de los caudales subterráneos más próximos a superficie, hasta que la aportación de aguas foráneas modificará la situación ya en la década de los ochenta. En las últimas décadas, el acceso generalizado a los recursos subterráneos y sobretudo la llegada de las aguas del Trasvase Tajo-Segura en 1979, ha supuesto

una profunda transformación del Campo de Cartagena, con un importante incremento del regadío y del aporte de fertilizantes agrícolas.

El aumento de la superficie de regadío genera un notable aumento de la entrada de nitrógeno y fósforo de origen agrícola al Mar Menor en las últimas décadas (figura 4) hasta situarse en la actualidad en unos valores medios anuales en torno a las 2000 toneladas anuales en el caso del nitrógeno y 60 toneladas anuales en el caso del fósforo, cifras importantes si se considera el volumen de la laguna, su grado de confinamiento y el origen oligotrófico de sus aguas. (Martínez-Fernández y Esteve, 2000).

Figura 4

SIMULACIÓN DE LA ENTRADA DE NITRÓGENO Y FÓSFORO DE ORIGEN AGRÍCOLA HACIA EL MAR MENOR ASÍ COMO DE LA EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO CONTENIDO EN LAS SALMUERAS



(Fuente: Martínez-Fernández y Esteve, 2000).

El proceso de eutrofización causado por la entrada masiva de fósforo y nitrógeno es uno de los mayores problemas ambientales de las aguas costeras, especialmente en áreas con limitados cambios de agua (Nixon y Pilson, 1983; Bricker *et al.*, de Jonte *et al.*, 2002; Kennish, 2002).

Bajo las Directivas Europeas 91/271/CEE y 91/676/CEE, de tratamiento de aguas contaminadas y la protección de aguas contaminadas por nitratos procedentes de la agricultura, respectivamente, la laguna del Mar Menor fue declarada en Junio de 2001 área sensible a la eutrofización, y el Campo de Cartagena fue declarado zona vulnerable en Diciembre de 2002.

Aunque es generalmente aceptado que ha habido un aumento en la entrada de nutrientes a la laguna durante las últimas décadas, como consecuencia de cambios en las prácticas agrícolas, existe una carencia en el conocimiento de la entrada actual de nutrientes. En el pasado, las actividades agrícolas tradicionales, basados en cultivos de secano, han tenido pequeñas influencias en la introducción de nutrientes, pesticidas y otros contaminantes en la laguna (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2000). Con la llegada del trasvase Tajo-Segura, el Campo de Cartagena pasó de tener cosechas de agricultura extensiva, en agricultura intensiva.

Pérez-Ruzafa *et al.* (2002), realizó una comparación en la concentración de nutrientes en la laguna en 9 periodos de tiempo durante 1988 y 1997, que apunta a un considerable aumento en la concentración de nitratos. La distribución espacial de nitratos en la laguna durante 1997 muestra una relación con las desembocaduras de las ramblas, especialmente con la cuenca del Albuñón.

Como consecuencia de los cambios en la entrada de nutrientes, la laguna ha cambiado de ser moderadamente oligotrófica a ser relativamente eutrófica, siendo éstas condiciones favorables para el crecimiento de dos especies de medusas (*Rhizostoma pulmo* y *Cotylorhiza tuberculata*), provocando serios inconvenientes para el turismo (Pérez-Ruzafa *et al.*, 2002). Otros efectos observados provocados por la eutrofización han sido los cambios en la composición y distribución de productores primarios. En la década de los 70, la producción primaria era dominada por la fanerógama *Cymodocea nodosa*. Desde la década de los 80 ha habido un aumento de la microalga *Caulerpa prolifera*, restringiendo el alga marina *C. nodosa* a pequeñas áreas aisladas (Terrados y Ros, 1991), ya que la *C. prolifera* está mejor adaptada a las nuevas condiciones de luz y concentración de nutrientes, resultantes de la contaminación.

El desarrollo de programas de acción para reducir la entrada de nutrientes y fosfatos procedentes de la agricultura es una tarea urgente y necesaria, la cual debe incluir medidas en el control de fuentes de contaminación (Carpenter *et al.*, 1998). En el caso del Mar Menor, se debe incluir:

1. Limitación en las aplicaciones de fertilizantes según las necesidades de la cosecha, especialmente durante el periodo que crece rápidamente (Sharpley *et al.*, 1994)
2. La restauración de humedales en áreas litorales con zonas *buffer* (Gren, 1995). Esto incluye una gestión adecuada del carrizo (*Phragmites australis*) en los cursos de agua, ya que actúa como filtro verde y podría ser el método más efectivo para disminuir la contaminación no puntual por nitrógeno de la laguna del Mar Menor.
3. Una mejora en el drenaje de las aguas reutilizadas procedentes de la agricultura del Campo de Cartagena.

Si bien, los programas informativos, la educación ambiental y los códigos de buenas prácticas agrícolas, son también necesarios (Thyssen, 1999).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkcil, A., Koldas, S., 2005. Acid Mine Drainage (AMD): Causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production*, 14: 1139-1145.
- Baeyens. W., Elskens, M. Gillain, G., Goeyens, L., 1998a. Biogeochemical behaviour of Cd, Cu, Pb and Zn in the Scheldt estuary during the period 1981-1983. *Hydrobiologia*, 366. 15-44.
- Baeyens. W., Elskens, M. Gillain, G., Goeyens, L., 1998b. Biogeochemical behaviour of Cd, Cu, Pb and Zn in the Scheldt estuary: results of the 1995 surveys. *Hydrologia*, 66: 45-62.
- Bricker, S.B., Clement, C.G., Pirhalla, D.E., Orlando, S.P. and Farrow, D.R.G., 1999, 'National Estuarine Eutrophication Assessment: A Summary of Conditions, Historical Trends, and Future Outlook'. NOAA's Technical Report, National Ocean Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD, pp. 71. URL: <http://cammp.nos.noaa.gov/spo/prodlist.taf?alltype=1>
- Calvo, F., 2004. El papel de la escasez de recursos hídricos en la evolución del Campo de Cartagena, en *Aridez, Salinización y agricultura en el sureste ibérico*, Fundación Instituto Euromediterráneo de Hidrotecnia y Fundación Ramón Areces.
- Campbell, P.G.C., 1995. Interactions between trace metals and aquatic organisms: a critique to the free ion activity model. En *Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*, eds. A.Tessier & D.R. Turner, p.45. John Wiley & Sons, Chichester.
- Capel Molina, J.J., 1974. Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el SE de la Península Ibérica. Dep. de Geografía. Fac. de Letras. Cuadernos Geográficos, 4, Granada, pp. 149-166.
- Conesa, C., 1990. El Campo de Cartagena. Clima e Hidrología de un medio semiárido. Universidad de Murcia, Ayuntamiento de Cartagena y Comunidad de regantes del Campo de Cartagena.
- De Jorge, V.N., Elliot, M. and Orive, E: 2002, 'Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication' *Hydrobiologia* 475/476, 1-19.
- De León A.R., Guerrero J., Faraco, F. 1982. Evolution of the pollution of the coastal lagoon of Mar Menor. VI Journées Étud. Pollutions, Cannes, C.I.E.S.M.
- Grande, J.A., Beltrán, R., Saíenz, A., Santos, J. C., de la Torre, M.L. and Borrego, J., 2005. Acid mine drainage and acid rock drainage processes in the environment of Herrerías Mine (Iberian Pyrite Belt, Huelva-Spain) and impact on the Andevalo Dam. *Environmental Geology*, 47: 185-196.
- Gren, I.M., 1995. 'The value of investing in wetlands for nitrogen abatement', *European Review of Agricultural Economics* 22, 157-172.
- Jacob, D.L., Otte, M.L., 2004. Long-term effects of submerged and wetland vegetation on metals in a 90-year old abandoned Pb-Zn mine tailings pond. *Environmental Pollution* 130, 337-345.

- Jonson, D. B., Hallgerg, K.B., 2005. Acid mine drainage remediation options: a review. *Science of the Total Environment*, 338: 3-14.
- Herin, R. y Trzpit, J. P., 1974. 'Les crues dans le bassin du Segura. Des excès catastrophiques en milieu méditerranéen semi-aride'. *Revue Géographique des Purenées et du Sud-Ouest*. T. 45. Fasc. 4, Toulouse, p. 337.
- Kallander, D.B., Fisher, S.W., Lydy, M.J., 1997. Recovery following pulsed exposure to organophosphorus and carbamate insecticides in the midge, *Chironomus riparius*. *Archives of Environmental toxicology and Chemistry*, 33: 29-33.
- Kennish M.J., 2002. 'Environmental threats and environmental future of estuaries', *Environmental Conservation* 29, 78-107.
- López Bermúdez, F. et al., 1979. Inundaciones catastróficas, precipitaciones torrenciales y erosión la provincia de Murcia, publicado en Papeles del Departamento de Geografía, Univ. De Murcia, núm. 8, p. 66.
- Marín-Guirao, L., Marín, A., Lloret, J., Martínez, E., García, A.J. 2005. Effects of mining wastes on a seagrass ecosystem: metal accumulation and bioavailability, seagrass dynamics and associated community structure. *Marine Environmental Research*, 60: 317-337.
- Martín Vide, J. (1985): Pluges i inundacions a la Mediterrània, KETRES Editora, Col. Ventall, Barcelona, 132 p.
- Martínez, J., Esteve-Selma, M.A., 2000. Estimación de la contaminación agrícola en el Mar Menor mediante un modelo dinámico. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos*.
- Meidiavilla, J., 1928. Las aguas de la Región Murciana, en relación con los antecedentes históricos de los abastecimientos de la ciudad y campos de Cartagena, Base Naval y Puerto, y otros aprovechamientos de las mismas. T. I. Cartagena, Imprenta Casa Garneró.
- Millward, R. N., Grant, A., 1995. Assessing the impact of copper on nematode communities from a chronically metal-enriched estuary using pollution induced community tolerance. *Marine Pollution Bulletin*, 30: 701-706.
- Miró Granada y Gelabert, J. (1976). Ávenidas catastróficas en el Mediterráneo Occidental. Separata del artículo publicado en *Hidrología*. Abril-Julio. Madrid, pp. 117-124.
- Naddy, R.B., Klaine, S.J., 2001. Effect of pulse frequency an interval on the toxicity of chlorpyrifos to *Daphnia magna*. *Chemosphere*, 41: 1511-1517.
- Nixon, S.W. y Pilson, M.E.Q., 1983. 'Nitrogen in estuarine and coastal marine ecosystems' in E.J. Carpenter and D.G. Capone (eds.), *Nitrogen in the Marine Environment*, Academic Press, New York.
- Pérez-Ruzafa, A., Gilabert, J., Gutiérrez, J.M, Fernández, A.I., Marcos, C. and Sabah, S., 2002. 'Evidence of a planktonic food web response to changes in nutrient input dynamics in the Mar Menor coastal lagoon, Spain', *Hydrobiologia* 475/476, 350-369.

- Rodríguez, C., Guerrero, J., García, I.M., Jornet, A., 2001. Estudio piloto sobre niveles y efectos del Tribulito de estaño (TBT) y metales pesados en el Mar Menor. Convenio de colaboración entre la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, de la Región de Murcia y el Instituto Español de Oceanografía.
- Sainz, A., Grande, J.A., de la Torre, M.L., 2003. Odiel River, acid mine drainage and current characterization by means of univariate analysis. *Environment International*, 29: 51-59.
- Sainz, A., Grande, J.A., de la Torre, M.L., 2004. Characterization of heavy metal discharge into the Ria of Huelva. *Environment International*, 30: 557-566.
- Sharpley, A.N., Chapra, S.C., Wedepohl, R., Sims, T., Daniel, T.C. and Reddy, K.R., 1994, 'Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issues and options', *Journal of Environmental Quality* 23, 437-451.
- Terrados, J. and Ros, J.D., 1991. 'Production dynamics in a macrophyte-dominated ecosystem: the Mar Menor coastal lagoon (SE Spain)', in J.D. Ros and N. Prat (eds), *Homage to Ramon Margalef; or, Why there is Much Pleasure in Studying Nature*. *Oecol. Aquatica* 10, 255-270.
- Thyssen, N. (ed), 1999. 'Nutrientes in European Ecosystems', Technical Report, European Environment Agency, Environmental Assessment Report, 4, Copenhagen, pp. 155. URL: <http://reports.eea.eu.int/ENVIASSRP04/en/enviassrp04.pdf>.
- Tiwary, R.K., 2001. Environmental impact of coal mining on water regime and its management. *Water, Air and Soil Pollution*, 132: 185-199.