



**COST-BENEFIT ANALYSIS OF SEVERAL MANAGEMENT OPTIONS OF
SURFACE WATER AND AGRICULTURAL DRAINAGES IN THE MAR
MENOR WATERSHED**

J.M. Martínez Paz, M. Ruíz-Martínez, J. Martínez, and M.A. Esteve



Departamento de Ecología e Hidrología

Universidad de Murcia

Septiembre 2005

TABLE OF CONTENTS

1. ABSTRACT.....	2
2. INTRODUCTION.....	3
3. ECONOMIC FLOWS OF SCENARIOS	5
4. PERFORMANCE OF SCENARIOS	6
5. ESTIMATION OF FINANCIAL VALUES AND COST-EFFECTIVENESS OF SCENARIOS	8
5.1. Calculation of cost-effectiveness ratios.....	8
5.2. Cost-effectiveness ratios with variables	10
6. COST OF DESALINATED FOR RE-USE IN IRRIGATION	11
7. REFERENCES.....	13

1. ABSTRACT

One of the main objectives of the socio-economic analysis of Ditty project under workpackage WP7 consists of the evaluation of the costs and benefits that come up from the different management options and choices corresponding to the scenarios of the Mar Menor site. This work constitutes a first cost-effectiveness analysis, applied to the valuation of the priority management options in the Mar Menor, this is, to the scenarios: 1) MM-PT1. *Groundwater desalination and re-use of agricultural drainage* and 2) MM-PT2. *Optimisation of wetlands for nutrients removal*. Both are high-priority scenarios defined and characterised with the collaboration of the Confederation Hidrográfica del Segura (CHS), the end-user institution of DITTY in the Mar Menor site. Their final objective is to achieve a significant reduction of the load of nutrients into the Mar Menor lagoon.

The performance of scenarios depends on several factors, such as the amount and pattern of rainfall, intensity and frequency of flood events, the maximum technical capacity of infrastructures, the actual water volumes received by the drainage channels and the final price of desalinated water available for re-use in irrigation.

Some assumptions have been made: among others, a time span of 15 years was considered, two floods events are taken into account, real monetary values are use and a discount rate of 1% is applied.

The first results obtained suggest that the optimisation of wetlands for nutrients removal seems to be a better management option compared to the re-use of agricultural drainages, in terms of comparative cost-effectiveness. This is true even if only two flood events are taken into account and the construction costs of the primary drainage channels are not included.

It has also calculated the cost of water desalination to be re-used in agriculture, taking into account the (positive) environmental externality of the amount of nutrients removed from total load coming into the lagoon. This environmental externality has been quantified and valued at opportunity costs, by means of the results obtained in the optimisation of wetlands scenario.

The calculation of cost-effectiveness of these two scenarios under a set of varying conditions (actual rainfall, number of flood events, actual performance of channels, pumping stations and desalination plants, market prices for water to be used in irrigation...), with the help of the developed models and scenario simulation, will extend these first results to a wider range of situations.

2. INTRODUCCION

El presente análisis constituye un primer avance de los trabajos en torno al análisis coste-beneficio de las principales opciones de gestión, que se vienen realizando en el marco de la línea WP7 del proyecto DITTY en la zona del Mar Menor.

Este avance pretende ejemplificar el tipo de resultados que pueden obtenerse a partir de la metodología de análisis coste-efectividad, aplicada a la valoración de los escenarios para el Mar Menor y su entorno. Las conclusiones definitivas habrán de obtenerse una vez se haya realizado un análisis más detallado y completo.

En este trabajo se analiza una primera valoración económica de dos opciones de gestión (consideradas a partir de ahora como “escenarios de gestión”), con el fin de realizar un primer análisis coste-efectividad de tales opciones de gestión en relación con el objetivo final de reducción de la entrada de nutrientes a la laguna.

Estas opciones de gestión se corresponden con los dos escenarios prioritarios finalmente seleccionados con la colaboración de la Confederación Hidrográfica del Segura, como institución usuaria final en el marco del proyecto DITTY. En ambos casos dichos escenarios están orientados a políticas (PT escenarios), siendo el objetivo final la reducción de la actual entrada de nutrientes al Mar Menor procedentes de su cuenca de drenaje. Dichos escenarios son los siguientes:

6. *Reutilización de los drenajes agrícolas y salmueras procedentes de las desaladoras privadas del Campo de Cartagena, con recuperación de agua para riego.*
7. *Restauración del complejo: “Humedal Marina del Carmolí - Rambla del Albuñón” para la eliminación de nutrientes*



Figura 1: Sala de ósmosis de la desaladora.



Figura 2: Humedal asociado a la Rambla de Miranda.

Se trata pues, de evaluar un tratamiento activo, como es la reutilización de drenajes y salmueras (mediante canalización, bombeo y desalación), frente al tratamiento pasivo constituido por la restauración ambiental del complejo humedal-rambla del Albuñón. Ambos serán evaluados desde la óptica de su hipotética implementación real.

Dejando al margen consideraciones técnicas de ambos escenarios, a la hora de realizar su evaluación económica es necesario precisar una serie de acotaciones y supuestos sobre los mismos:

8. Para ambos casos se considera un periodo de actividad de 15 años (2005-2020)
9. Se trabajara en valores monetarios reales, es decir los flujos se consideran en euros del año inicial.
10. Se aplica un descuento (preferencia temporal) del 1%
11. Dado que los sistemas de canalización primarios se encuentran ya contruidos, no se imputará un pago de construcción de esta obra civil, solo una partida anual de mantenimiento de los mismos.

3. FLUJOS ECONÓMICOS

Se presenta a continuación una relación de las partidas de ingresos y gastos previstos para ambos escenarios de gestión, así como la temporalidad de los mismos:

Tabla 1: Gastos e ingresos asociados a la implementación del escenario: Restauración del complejo: “Humedal Marina del Carmolí - Rambla del Albuñón”

Partidas de Gastos	Tiempo
Compra del terreno	Año 0
Acondicionamiento del terreno	Año 0
Regeneración del humedal	Año 0
Obra civil	Año 0
Mantenimiento del humedal	Años 1 a 15
Partidas de Ingresos	Tiempo
Valor residual del terreno (nulo para actividad agrícola)	Año 15

Tabla 2: Gastos e ingresos asociados a la implementación del escenario: Reutilización de los drenajes agrícolas y salmueras con recuperación de agua para riego

Partidas de Gastos	Tiempo
Construcción de la estación de bombeo I	Año 0
Construcción de la desaladora	Año 0
Construcción de la estación de la bombeo II	Año 0
Construcción de los sistema de tuberías (I y II)	Año 0
Costes de funcionamiento y mantenimiento de las estaciones de bombeo	Años 1 a 15
Costes de funcionamiento de la desaladora	Años 1 a 15
Costes de mantenimientos de sistema de tuberías (I y II)	Años 1 a 15
Partidas de Ingresos	Tiempo
Valor del agua susceptible de venta	Años 1 a 15

En el caso de la reutilización de drenajes y salmueras, consideramos un tercer escenario, en el que no se considera el valor de la inversión inicial, dado que es una obra ya realizada y por tanto no es susceptible de uso alternativo.

4. RENDIMIENTOS BAJO CADA ESCENARIO

El rendimiento de los escenarios depende por un lado de su capacidad técnica y de otro de los flujos de drenajes agrícolas y salmueras recibidos. Para el cálculo del escenario medio actual se ha de tener en cuenta el volumen medio que de forma normal podría ser bombeado y reutilizado por el sistema, y que se corresponde con el volumen de la rambla del Albuñón y del canal de drenaje 4 en situación de no avenida. Los escenarios analizados se centrarán en el año medio, aunque también se considerará la posibilidad de dos años de avenidas puntas a lo largo del periodo analizado (15 años). El comportamiento que simularemos para los años punta sería diferente para cada escenario:

- Para el caso de la reutilización de drenajes agrícolas y salmueras, y dado el carácter puntual de las avenidas, se va a considerar que la capacidad de funcionamiento de la misma se limita a recoger 2 Hm³ adicionales, quedando el resto sin tratar y constituyendo una entrada directa al Mar Menor.
- Para el caso de la restauración del complejo “Humedal Marina del Carmolí-Rambla del Albuñón, tanto los drenajes agrícolas como los caudales del Albuñón pasarían a través del humedal de Marina del Carmolí antes de entrar en la laguna del Mar Menor, con la correspondiente retención parcial de nutrientes. Valores empíricos obtenidos a partir de trabajo de campo y datos analíticos obtenidos en situaciones de avenida indican que bajo estas condiciones aproximadamente la mitad de los nutrientes contenidos en las aguas son retenidos por el humedal. Por tanto, de llevarse a cabo este escenario, según el cual el caudal del Albuñón en su tramo final sería derivado a una superficie regenerada y ampliada del humedal de Marina del Carmolí, esto equivaldría a eliminar los nutrientes del 50% de los caudales de avenida totales de dicha rambla.

Se han aplicado las consideraciones anteriores a un primer supuesto, cuyos valores cuantitativos en términos de caudales aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Volumen de agua tratado en función del escenario considerado

Escenario	Volumen de agua tratado 2006-2015
Reutilización de drenajes agrícolas y salmueras	79 Hm ³
Regeneración sistema Albuñón-Marina del Carmolí	97 Hm ³

Las consideraciones realizadas también serán necesarias para la evaluación de los parámetros de costes medios al considerar un escenario de modificación de la cantidad de drenajes agrícolas y salmueras recibidos por el sistema.

5. ESTIMACIÓN DE LOS VALORES FINANCIEROS DE LOS FLUJOS, CALCULO DEL VAN DE CADA ESCENARIO Y DE LOS VALORES DE COSTE-EFECTIVIDAD

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones adicionales sobre el modelo de reutilización de drenajes agrícolas y salmueras para su posterior uso para riego:

- Los Costes de funcionamiento de una planta desaladora de 10 hm³
- La Producción de agua vendible: 70% de la tratada, valorada inicialmente a 0,3 €/m³ (coste de oportunidad).

5.1. Cálculo de las tasas de coste efectividad

Los valores calculados de las tasas de efectividad de cada escenario hacen referencia específicamente a las condiciones consideradas: simulación con 2 años de riada en el período de actividad considerado de 15 años. Conclusiones más generales habrán de obtenerse con análisis posteriores más amplios haciendo uso de los modelos de simulación desarrollados bajo WP4 con el fin de conocer los resultados obtenidos bajo una amplia batería de condiciones, tanto de carácter ambiental (precipitaciones, comportamiento hidrológico, nivel de nutrientes acumulados en la cuenca...) como de carácter técnico o socio-económico (eficacia de funcionamiento de los distintos componentes, como las estaciones de bombeo o la desaladora, precio final del agua, etc). A continuación se presentan los resultados obtenidos bajo los supuestos indicados en este trabajo.

Tabla 4: Cálculo de las tasas de efectividad bajo cada escenario considerado en función del volumen de agua tratado

Escenario de gestión	VAN (€2005)	hm³ tratados	€/m³
Reutilización drenajes agrícolas y salmueras.	14.839.086	79	0,188
Reutilización de drenajes agrícolas y salmueras. Sin inversión inicial.	11.192.156	79	0,142
Restauración Humedal Marina Carmoli- Rambla del Albuñón.	3.364.554	97	0,035

Aplicando los datos de concentraciones de nutrientes (Nitrógeno Inorgánico Disuelto y Fósforo) obtenidos por Velasco *et al.* 2004, considerados para el periodo de actividad de 15 años propuesto en cada uno de los escenarios propuestos, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 5: Cálculo de las tasas de efectividad de cada escenario considerado en función de la cantidad de nutrientes retirada

Escenario de gestión	Tn NID	Tn F	€/kg NID	€/kg F
Reutilización drenajes agrícolas y salmueras.	6.383	515	2,325	28,842
Reutilización de drenajes agrícolas y salmueras. Sin inversión inicial.	6.383	515	1,753	21,753
Restauración Humedal Marina Carmoli- Rambla del Albuñón.	7.823	609	0,430	5,525

5. 2. **Calculo de las tasas coste-efectividad con aportes de caudales variables.**

Restauración del complejo: “Humedal Marina del Carmoli- Rambla del Albuñón”.

Dado que el humedal no presenta costes de funcionamiento dependientes del caudal recibido, la estimación de la función de costes variables es una sencilla hipérbola del tipo:

$$CM\left(\frac{\text{€}_{2005}}{m^3}\right) = \frac{3.364.554}{\sum_{i=1}^{15} Q_i}; Q_i\left(\frac{m^3}{\text{año}}\right); CM\left(\frac{\text{€}_{2005}}{\text{año}}\right)$$

$$\begin{cases} Q_i = Q_t \quad \forall Q_t \in [0, 16.000.000] \\ Q_i = 16.000.000 \quad \forall Q_t > 16.000.000 \end{cases}$$

Siendo Q_i la cantidad de agua total que el humedal es capaz de tratar (o bien la cantidad de cada tipo de nutrientes que es capaz de retirar del sistema), representando Q_t los aportes totales al sistema del sistema de la rambla y los canales de desagüe.

Reutilización de los drenajes agrícolas y salmueras con recuperación de agua para riego.

El modelo de costes de este escenario es más complejo que el del humedal, por la presencia de una importante partida de costes variables que depende del caudal tratado, lo cual fundamentalmente se debe a la energía requerida para el bombeo y para el proceso de desalación y también a las tareas de mantenimiento de la desaladora (cambio de filtros y membranas, etc).

El sistema de ecuaciones que modelaría el sistema es el siguiente:

$$CT = 3.646.930 + \sum_{i=1}^{15} \frac{450.759 + 0,06767 * Q_i}{(1+0,01)^i} ; Q_i \left(\frac{m^3}{año} \right); CT (\text{€}_{2005})$$

$$\begin{cases} Q_i = Q_t \quad \forall Q_t \in [0, 7.000.000] \\ Q_i = 7.000.000 \quad \forall Q_t > 7.000.000 \end{cases}$$

Por tanto la ecuación de costes medios es la siguiente:

$$CM = \frac{3.646.930 + \sum_{i=1}^{15} \frac{450.759 + 0,06767 * Q_i}{(1+0,01)^i}}{\sum_{i=1}^{15} Q_i} ; Q_i \left(\frac{m^3}{año} \right); CM \left(\frac{\text{€}_{2005}}{año} \right)$$

$$\begin{cases} Q_i = Q_t \quad \forall Q_t \in [0, 7.000.000] \\ Q_i = 7.000.000 \quad \forall Q_t > 7.000.000 \end{cases}$$

En el caso de no considerar el coste de la inversión inicial ya realizada, los sistemas de ecuaciones serían los mismos, haciendo cero el término que computa esta inversión (3.646.930 €).

6. CÁLCULO DEL COSTE DE PRODUCCIÓN DEL AGUA DESALADA SUSCEPTIBLE DE USO EN AGRICULTURA

En este epígrafe calculamos el coste unitario del agua extraída con el sistema de desalación. El mismo se basa en obtener el precio al que se tendría que vender el agua para que el flujo de ingresos y costes estuviera en equilibrio, considerando que la inversión inicial al estar ya realizada y no tener un uso alternativo, tiene un coste nulo.

Según nuestro modelo base, los resultados son los siguientes:

Tabla 6: Costes de producción

Costes 2006-2020 (€ ₂₀₀₅)	26.530.297
Producción de agua (Hm ³)	55,3
Coste unitario (€/m ³)	0,519

Ahora bien, la desalinizadora no solo produce agua, sino que también retira nutrientes del sistema del Mar Menor. Se ha calculado el coste del agua producida teniendo en cuenta esta externalidad ambiental positiva. Dicha externalidad ambiental se ha cuantificado y valorado a costes de oportunidad, haciendo uso de los resultados obtenidos con el escenario de optimización de humedales.

Valorando este output según su coste de eliminación con el sistema alternativo del humedal los resultados son los siguientes:

Tabla 7: Coste de eliminación de nutrientes

Costes totales 2006-2020 (€ ₂₀₀₅)	26.530.297
Producción de agua (Hm ³)	55,3
Agua tratada (Hm ³)	79
Valor unitario agua tratada (€/Hm ³)	34.686
Valor retirada nutrientes (€)	2.740.194
Costes netos producción de agua (€)	23.790.103
Coste unitario (€/m ³)	0,430

En definitiva, los resultados preliminares obtenidos con este primer análisis parecen indicar que la optimización de humedales para la retirada de nutrientes parece ser una mejor opción en términos de coste-efectividad que la opción de gestión de los drenajes agrícolas para su reutilización en riego. Esto parece ser así incluso si sólo se toman en consideración dos avenidas y no incluyendo los costes de construcción de la red primaria de canales de drenaje agrícola.

El cálculo del coste-efectividad de estos dos escenarios bajo un rango más amplio y variable de condiciones (lluvia total, número e intensidad de los episodios de avenida, grado de funcionamiento de los canales, estaciones de bombeo, planta desaladora, precios de mercado para el agua desalada...), con la ayuda de los modelos desarrollados y la simulación de escenarios, extenderá estos primeros resultados a un análisis más general.

7. REFERENCIAS

- Baker, K.A., Fennessy, M.S., y Mitsch, W.S. 1991. Designing wetlands for controlling mine drainage: An ecologic-economic modeling approach. *Ecological Economics*, 3, (1), 1-24.
- Velasco, J. y Grupos de Investigación de Ecología Acuática y de Toxicología de la Universidad de Murcia. 2004. *Evaluación y control de las aguas superficiales de la Rambla del Albuñón y su efecto sobre las comunidades biológicas del Mar Menor. Memoria final del Programa Seneca 2001.* Consejería de Agricultura , Agua y Medio Ambiente, Murcia.