Procesos ecológicos, agronómicos y ambientales en el humedal de l'Albufera de Valencia. Construcción de escenarios de futuro.

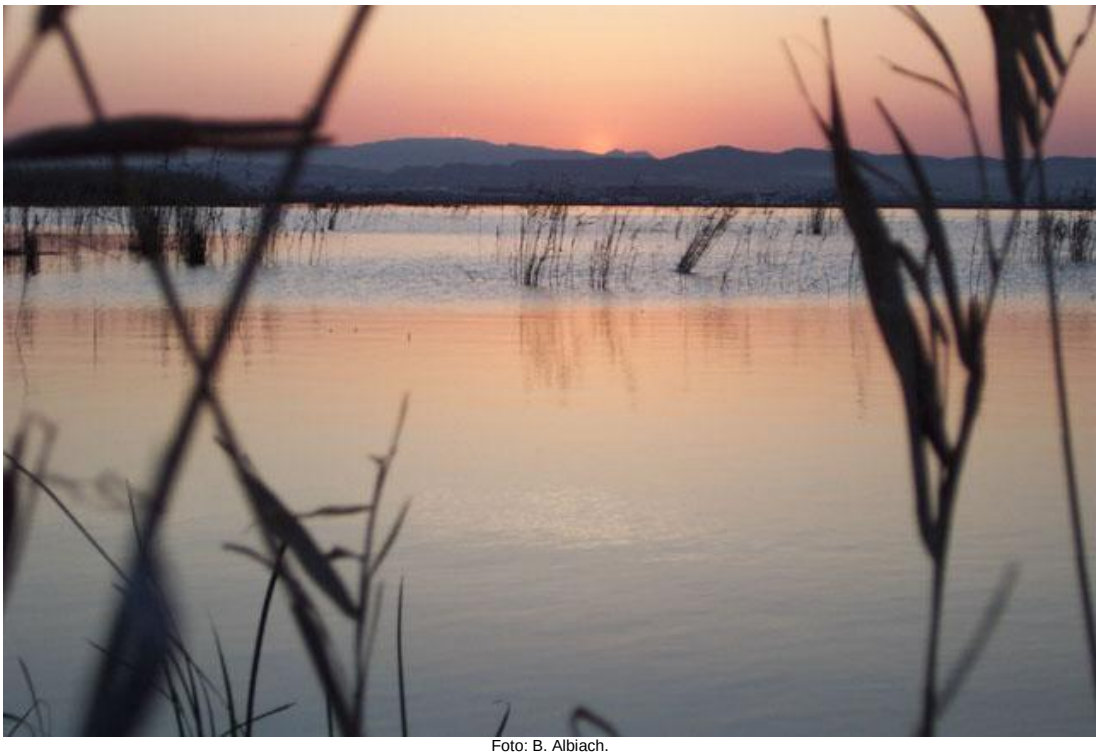


Foto: B. Albiach.

TESIS DOCTORAL

Autor:

Salvador F. Palop Guillem.

Directores:

D. Juan M. Gisbert Blanquer.
D. Juan B. Marco Segura.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Departamento de producción vegetal y ecosistemas agroforestales

Diciembre de 2015.

No trato de describir el futuro.
Trato de prevenirlo.

Ray Bradbury (1920-2012)

Agradecimientos.

A mis directores, sin ellos, esto no se hubiera hecho.

A Beatriz, Joan y Silvia, por el tiempo robado.

RESUMEN.

El humedal de la Albufera de Valencia constituye un sistema fuertemente antropizado, hasta el punto de que se ha modificado su régimen natural, pasando de ser una laguna costera salobre, vinculada a la dinámica marina, a ser una laguna de aguas dulces hipertrófica y vinculada en su funcionamiento al manejo de los grandes sistemas de regadíos del Júcar y el Turia.

En este estudio, se ha procedido a caracterizar la situación actual del sistema, a partir de los estudios disponibles, realizando una labor de síntesis que permita identificar los factores fundamentales que determinan la configuración actual del mismo, considerando tanto factores físicos como socio-económicos. Del mismo modo, se ha procedido a identificar las tendencias de variación de estos factores fundamentales, con objeto de proyectar a partir de ellos la posible evolución del sistema en el futuro inmediato.

Así, a partir de estas tendencias de evolución, mediante la metodología de escenarios aplicada a los sistemas naturales se han procedido a construir tres escenarios posibles para el horizonte temporal del año 2050, considerando para ello un escenario tendencial más probable y otros dos de menor factibilidad que contemplan una coyuntura más favorable y una muy desfavorable.

Los resultados identifican los factores de cambio climático como determinantes en la evolución futura del sistema, siendo la elevación del nivel del mar y la modificación del régimen hidrológico los factores más decisivos en esta futura evolución.

Los escenarios muestran que se producirán modificaciones sustanciales en la configuración del sistema, que afectarán sobre todo a la viabilidad del cultivo del arroz en las zonas de “Tancats”, lo cual obligará a reconfigurar la estructura actual del humedal. Se proponen, a su vez, las directrices de actuación adecuadas para la gestión de estos procesos de cambio en el sistema, con objeto de optimizar, en lo posible, su funcionamiento ecológico y su compatibilidad con los usos que se desarrollan en el mismo.

ABSTRACT.

The wetland of the Albufera is a strong anthropic system to the point that her natural regime has changed, from being a brackish coastal lagoon linked to the marine dynamics, to be a hypertrophic freshwater lagoon linked to the management of the large irrigation systems of the Júcar and Turia rivers.

In this study we proceeded to characterize the current state of the system from the available studies, making a work of synthesis to identify the key factors that determine his current configuration, considering both factors physicals and socio-economics. Similarly, we proceeded to identify trends of variation of these fundamental factors in order to project them from the possible evolution of the system in the immediate future.

Thus, from these evolutionary trends through scenario methods applied to natural systems, we have proceeded to build three possible scenarios for the time horizon of 2050, taking into consideration a more likely baseline scenario and two of less feasibility to envisage a more favorable situation and a very unfavorable one.

The results identified as determinant factors of climate change on the future evolution of the system, with the sea level rise and the modification of hydrological regime most decisive factors in the future development.

The scenarios show that significant changes in the system configuration, which mainly affect the viability of rice cultivation in the areas of "Tancats". This will force reconfiguration of the current structure of the wetland. Also we propose appropriate guidelines for the management of these processes of change in the system, thereby improving if possible their ecological functioning and compatibility with uses developed in it.

RESUM.

L'aiguamoll de l'Albufera de València constitueix un sistema fortament antropitzat, fins al punt que s'ha modificat el seu règim natural, passant de ser una llacuna costanera salobre, vinculada a la dinàmica marina, a ser una llacuna hipertrófica d'aigües dolces vinculada en el seu funcionament al maneig dels grans sistemes de regadius del Xúquer i el Túria.

En aquest estudi, s'ha procedit a caracteritzar la situació actual del sistema, a partir dels estudis disponibles, realitzant una tasca de síntesi que permet identificar els factors fonamentals que determinen la configuració actual del mateix, considerant tant factors físics i ecoloógics, com socioeconòmics. De la mateixa manera, s'ha procedit a identificar les tendències de variació d'aquests factors fonamentals, a fi de projectar a partir d'ells la possible evolució del sistema en el futur immediat.

Així, a partir d'aquestes tendències d'evolució, mitjançant la metodologia d'escenaris aplicada als sistemes naturals, s'han procedit a construir tres escenaris possibles per a l'horitzó temporal de l'any 2050, considerant per a això un escenari tendencial mes probable i altres dos de menor factibilitat que contemplen una conjuntura més favorable i una molt desfavorable.

Els resultats identifiquen els factors de canvi climàtic com a determinants en l'evolució futura del sistema, sent l'elevació del nivell del mar i la modificació del règim hidrològic els factors més decisius en aquesta futura evolució.

Els escenaris mostren que es produiran modificacions substancials en la configuració del sistema, que afectaran sobretot a la viabilitat del cultiu de l'arròs en les zones de "Tancats", la qual cosa obligarà a reconfigurar l'estructura actual de l'aiguamoll. Es proposen, al seu torn, les directrius d'actuació adequades per a la gestió d'aquests processos de canvi en el sistema, a fi d'optimitzar en el possible el seu funcionament ecològic i la seva compatibilitat amb els usos que es desenvolupen en el mateix.

INDICE DE CONTENIDOS.

1. Introducción. 1

2. Objetivos. 1

3. Marco conceptual y contextualización. 1

3.1. Marco conceptual y justificación del objeto de estudio. 1

3.2. Contextualización histórica. 5

3.2.1. Orígenes del sistema Albufera.
3.2.2. L'Albufera Medieval.
3.2.3. L'Albufera en época histórica moderna.
3.2.4. L'Albufera en época histórica contemporánea.

3.3. Descripción general del ámbito de estudio. 18

4. Metodología. 26

4.1. Fundamentos generales. 26

4.2. Principios básicos de la metodología de construcción de escenarios en el ámbito de la conservación de espacios naturales. 26

4.3. Factores considerados para la construcción de escenarios de futuro en el sistema de l'Albufera. 29

5. Diagnóstico y análisis de las tendencias de evolución de las variables fundamentales. 35

5.1. Hidrología. 35

5.1.1. Aproximación al régimen hidrológico general de L'Albufera.
5.1.2. Estudios y modelizaciones disponibles.
5.1.3. Caracterización del régimen hidrológico actual de l'Albufera y sus perspectivas de evolución.
5.1.4. Variabilidad del recurso hídrico en las cuencas del Júcar y Turia.
5.1.5. El régimen específico de los tancats de l'Albufera.
5.1.6. Hidrodinámica del sistema Albufera
5.1.7. Síntesis del funcionamiento hidrológico del sistema Albufera.
5.1.8. La calidad del recurso hídrico en el sistema de l'Albufera.

5.2. Caracterización de las comunidades biológicas del sistema de l'Albufera de Valencia. 92

5.2.1. Comunidades planctónicas.
5.2.2 Comunidades Vegetales.
5.2.3. Comunidades Faunísticas.

5.3. Ciclos Biogeoquímicos. 113

5.4. Factores socioeconómicos. 115

5.4.1. Evolución demográfica.
5.4.2. Usos del suelo. Ocupación urbana del territorio en el ámbito de l'Albufera.
5.4.3. Sector primario. La actividad agrícola en el sistema Albufera.
5.4.4. Sector Primario. El Sector Ganadero.
5.4.5. Sector primario Silvicultura.
5.4.6 Sector primario. La Actividad cinegética.
5.4.7. Sector secundario. La industria en el entorno de l'Albufera.
5.4.8. Sector terciario. La actividad comercial y turística en el ámbito de l'Albufera.

6. Procesos de cambio climático global y su repercusión en el sistema de l'Albufera. 159

6.1. El clima actual de l'Albufera. 159

6.2. Previsiones de evolución climática en el ámbito de estudio. Procesos de cambio climático. 161

6.3. Síntesis de las previsiones de cambios en el clima para el conjunto de la Península Ibérica. 168

6.4. Afecciones potenciales a la disponibilidad de recursos hídricos. 182

6.5. Impacto genérico previsto de los procesos de cambio climático en los ecosistemas acuáticos continentales españoles. 185

6.6. Posibles efectos del cambio climático sobre el sistema Albufera de Valencia. 188

6.7. Variaciones en el nivel del mar y su posible repercusión en el sistema Albufera. 188

7. Construcción de escenarios de futuro para el sistema de l'Albufera. 191

7.1. Caracterización de los escenarios de futuro. 191

7.2. Evaluación de la situación actual de las variables y valores propuestos para el horizonte temporal del año 2050. 191

7.3. Análisis de tendencias futuras de las variables. 197

7.4. Configuración y análisis de los escenarios de futuro. 214

8. Conclusiones. 259

9. Anexos. 262
10. Bibliografía. 276

INDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. Mapa de situación de l'Albufera de Valencia. 3

Fig. 2. L'Albufera de Valencia en época medieval. 7

Fig. 3. Vista aérea de la restinga que cierra l'Albufera. 21

Fig. 4. El arrozal ocupa hoy las zonas de marjal en el entorno del lago de l'Albufera. 22

Fig. 5. Vista del lago de l'Albufera. 23

Fig. 6. Perfil topográfico de un transecto este-oeste de la zona central del lago de l'Albufera. 24

Fig. 7. Perfil topográfico de un transecto longitudinal entre las localidades de Catarroja y Cullera. 25

Fig. 8. Interacciones entre las variables que definen los escenarios. 33

Fig. 9. Acequia de riego en el ámbito de l'Albufera. 37

Fig 10. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia: proyección de futuro. 45

Fig. 11. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia: proyección de futuro. 50

Fig. 12. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia para un periodo seco. 52

Fig. 13. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia para un periodo húmedo. 53

Fig. 14. Circulación de agua inducida en l'Albufera considerando el efecto del vaciado de los tancats. 55

Fig.15. Intervalos de cotas en los terrenos en el entorno del lago de l'Albufera. 56

Fig. 16. Situación de los Tancats identificados. 57

Fig. 17. Red de acequias con sus sentidos de flujo en el ámbito de l'Albufera. 58

Fig. 18. Circulación de agua inducida en l'Albufera considerando las entradas a través de las acequias y las salidas por las golas. 60

Fig. 19. Velocidades medias generadas en las masas de agua de l'Albufera por un viento del NE de 10 m/s. 61

Fig. 20. Probabilidad total de resuspensión del sedimento expresado en horas al año. 61

Fig. 21. Tiempos de residencia del agua en el lago. 62

Fig. 22. Evolución de los aportes por vertido no tratados al sistema de l'Albufera 81

Fig. 23. Distribución espacial de las entradas por vertidos en el lago de l'Albufera en el año 1988. 82

Fig. 24. Aportes de caudal por retornos de riegos en el sistema de l'Albufera en el año 2003. 88

Fig. 25: Aporte de caudales subterráneos al sistema de l'Albufera. 90

Fig. 26. Ciclo diario de la producción primaria y asimilación de CO_2 en mayo de 1980. 94

Fig. 27. Censos de poblaciones de avifauna invernante en l'Albufera por especie para el periodo 1984-2013. 104

Fig. 28. Censos de poblaciones de avifauna invernante en l'Albufera por especie para el periodo 1984-2013. 105

Fig. 29. Evolución y regresión lineal de las poblaciones totales de aves invernantes en l'Albufera. 106

Fig. 30. Censo de poblaciones de avifauna nidificante en l'Albufera por especie para el periodo 1984-2013. 108

Fig. 31. Evolución y regresión lineal para las poblaciones totales de avifauna nidificante en l'Albufera para el periodo 1984-2013. 109

Fig.32. Modelo de funcionamiento del sistema de l'Albufera en base al balance de fósforo. 113

Fig. 33. Ciclo actual del fósforo en el sistema de l'Albufera. 114

Fig. 34. Evolución de la población en los municipios del entorno de l'Albufera. 116

Fig. 35. Proyección de población por comarcas. 117

Fig. 36. Cartografía CORINE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 1990. 118

Fig. 37. Cartografía CORINE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 2000. 119

Fig. 38. Cartografía CORINE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 2006. 120

Fig. 39. Cartografía SIOSE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 2005. 121

Fig. 40. Licencias de obra concedidas en el conjunto de la Comunidad Valenciana en el periodo 2000-2011. 122

Fig. 41. Evolución de la superficie destinada al cultivo de arroz en l'Albufera de Valencia y la producción total de este. 127

Fig. 42. Rendimiento del cultivo del arroz en l'Albufera de Valencia en Tm por ha. 127

Fig. 43. Precio del arroz percibido por los agricultores. 128

Fig. 44. Rendimiento económico bruto por hectárea de arrozal en l'Albufera de Valencia. 128

Fig. 45. Precios medios de las tierras de arrozal en l'Albufera de Valencia en eur/ha. 129

Fig. 46. Rentabilidad bruta sobre capital de las tierras de arrozal. 130

Fig. 47. Área dedicada al cultivo del arroz en el mundo en ha. 144

Fig. 48. Rendimiento cultivo arroz en Hg/ha. 144

Fig. 49. Comercio del arroz en el mundo. 149

Fig. 50: Evolución de los stocks de arroz de las tres últimas campañas y comparación con respecto a los 5 años anteriores y posteriores. 151

Fig. 51. Plazas ofertadas en los diferentes sectores turísticos en la provincia de Valencia. 157

Fig. 52. Valores de temperatura normales para el periodo 1971-2000 para el observatorio de Valencia. 160

Fig. 53. Valores de precipitación normales para el periodo 1971-2000 para el observatorio de Valencia. 160

Fig. 54. Anomalías absolutas de temperatura media anual con respecto a la media del periodo 1961-1990 en el NE de España (1869-1998). 166

Fig. 55. Evolución de las temperaturas en España en los distintos periodos del Siglo XXI prevista por distintos modelos climatológicos. 169

Fig. 56. Evolución de las precipitaciones en España en los distintos periodos del Siglo XXI prevista por distintos modelos climatológicos. 170

Fig. 57. Previsiones de variación de temperaturas medias (en ºC) para los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2011_2040. 178

Fig. 58. Previsiones de variación de temperaturas medias (en ºC) para los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2041-2070. 178

Fig. 59. Previsiones de variación de temperaturas medias (en ºC) para los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2071-2100. 179

Fig. 60. Previsión de variación de la precipitación media en % proporcionada por los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2011_2040. 180

Fig. 61. Previsión de variación de la precipitación media en % proporcionada por los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2041_2070. 181

Fig. 62. Previsión de variación de la precipitación media en % proporcionada por los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2071_2100. 181

Fig. 63. Tendencias de precipitación en las cuencas hidrográficas españolas periodo 1947-1999. 183

Fig. 64. Reducción de recursos prevista para las distintas cuencas para el año 2060. 183

Fig. 65. Proyecciones de variación de la evapotranspiración en las distintas cuencas hidrográficas peninsulares. 184

Fig. 66. Tasa de aumento de la evaporación anual para el periodo 2002-2060. 184

Fig. 67. Cartografía de los tancats afectados por procesos de salinización en el escenario 1. 219

Fig. 68. Recreación de la extensión del lago tras la asimilación a este de las zonas de tancats abandonadas. 228

Fig. 69. Áreas de tancats afectadas por procesos de salinización en el escenario 2. 238

Fig.70. Extensión del lago en el escenario 2. 247

Fig. 71. Tancats afectados por procesos de salinización en escenario 3. 254

Fig. 72. Situación de las estaciones de muestreo en el ámbito del lago de l'Albufera. 262

Fig. 73. Valores de pH y Temperatura para la estación A1. 265

Fig. 74. Valores de pH y Temperatura para la estación B1. 265

Fig. 75. Valores de pH y Temperatura para la estación C1. 265

Fig. 76. Valores de sólidos en suspensión y oxígeno disuelto para la estación A1. 266

Fig. 77. Valores de sólidos en suspensión y oxígeno disuelto para la estación B1. 267

Fig. 78. Valores de sólidos en suspensión y oxígeno disuelto para la estación C1. 267

Fig. 79. Valores de conductividad y cloruros para la estación A1. 268

Fig. 80. Valores de conductividad y cloruros para la estación B1. 268

Fig. 81. Valores de conductividad y cloruros para la estación C1. 268

Fig. 82. Valores de DBO5 y DQO para la estación A1. 269

Fig. 83. Valores de DBO5 y DQO para la estación B1. 269

Fig. 84. Valores de DBO5 y DQO para la estación C1. 269

Fig. 85. Valores de fósforo y clorofila A para la estación A1. 270

Fig. 86. Valores de fósforo y clorofila A para la estación B1. 270

Fig. 87. Valores de fósforo y clorofila A para la estación C1. 270

Fig. 88. Valores de compuestos nitrogenados para la estación A1. 271

Fig. 89. Valores de compuestos nitrogenados para la estación B1. 271

Fig. 90. Valores de compuestos nitrogenados para la estación C1. 271

Fig. 91. Valores de metales pesados para la estación A1. 272

Fig. 92. Valores de metales pesados para la estación A1. 272

Fig. 93. Valores de metales pesados para la estación B1. 272

Fig. 94. Valores de metales pesados para la estación B1. 273

Fig. 95. Valores de metales pesados para la estación C1. 273

Fig. 96. Valores de metales pesados para la estación C1. 273

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Entradas al Parque Natural en Hm^3. 43

Tabla 2. Balance Hídrico para el ámbito del Parque Natural. 44

Tabla 3. Balance hídrico propuesto para el lago. 46

Tabla 4. Comparación de Balances Hídricos entre el estudio de referencia y el Estudio para el Desarrollo sostenible de l'Albufera. 44

Tabla 5. Principales especies de fitoplancton existentes en l'Albufera en el periodo 1980-88. 93

Tabla 6. Especies de zooplancton presentes en la Albufera en los periodos 1916-1918 (1), 1929 (2), en 1973 (3), en 1980-82 (4) y en 1985-88 (5). 95

Tabla 7. Censos de avifauna invernante en el Parque Natural de l'Albufera. 103

Tabla 8. Poblaciones de avifauna nidificante en l'Albufera de Valencia, en el periodo 1984-2012. 107

Tabla 9. Flujos globales de nutrientes y polución en el sistema de l'Albufera. 114

Tabla 10. Evolución de la población total en los municipios entorno Albufera (habitantes). 116

Tabla 11. Balance económico del cultivo del arroz en el año 2000. 133

Tabla 12. Previsión de la producción y del consumo de arroz en equivalente blanco para los próximos 5 años en millones de tm. 149

Tabla 13. Afecciones probables al lago de L'Albufera y a las lagunas dunares (Mallades) existentes en la zona de restinga relacionadas con el cambio climático. 188

Tabla 14. Valores estadísticos de calidad del agua correspondientes a la estación de muestreo A1. 264

Tabla 15. Valores estadísticos de calidad del agua correspondientes a la estación de muestreo B1. 264

Tabla 16. Valores estadísticos de calidad del agua correspondientes a la estación de muestreo C1. 264

Presentación.

El presente documento culmina el trabajo de investigación desarrollado por el autor con el objeto de obtener el título de doctor.

El desempeño profesional del autor como técnico vinculado a la gestión de espacios naturales protegidos en la actualmente denominada Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural ha condicionado la elección del tema de estudio. Se ha optado así por la elección de un tema vinculado a la gestión de espacios naturales, con el fin adicional de que las conclusiones y resultados obtenidos pudieran tener una aplicación directa en dichas tareas de gestión.

1. Introducción.

L'Albufera de Valencia es un humedal de gran valor natural que presenta como una de sus características más destacadas en alto grado de intervención antrópica que soporta.

La gestión de la conservación de este tipo de espacios naturales resulta así compleja, pues debe aunar no solo las tareas de mejora y conservación de los ecosistemas propiamente dichos, sino que debe tomar en consideración las actividades que en ellos se desarrollan y que se hallan fuertemente imbricadas en los mismos.

Por otra parte cabe decir que vivimos tiempos de cambios sociales rápidos, que por el indicado carácter fuertemente antrópico del sistema, inducen cambios drásticos en los equilibrios del mismo, lo que obliga a dotarse de herramientas de gestión que permitan anticipar estos procesos de cambios y adaptar la gestión del espacio natural a los mismo, garantizando así en lo posible el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales.

Abordamos en esta línea en este estudio el desarrollo de una metodología de análisis y proyección de la posible evolución del sistema del humedal de l'Albufera a medio plazo.

2. Objetivos.

El objetivo de este estudio es elaborar mediante la metodología de escenarios una proyección fiable de la evolución del sistema de l'Albufera de Valencia a medio plazo, estableciendo el horizonte temporal en el año 2050.

3. Marco conceptual y contextualización.

3.1. Marco conceptual y justificación del objeto de estudio.

L'Albufera de Valencia es un caso paradigmático de interacción entre la actividad humana y los sistemas naturales. Aunque es evidente que la mayor parte de los sistemas naturales, sobre todo terrestres, han sido intervenidos por el hombre en mayor o menor medida, en el caso del humedal de l'Albufera esta interacción ha sido muy intensa, estableciéndose una larga relación de explotación de los recursos del humedal, cuyo equilibrio, ha ido

desplazándose lentamente en detrimento de estos, en lo que podríamos describir como una histéresis inestable.

Este desplazamiento fue lento durante la mayor parte de su evolución, pudiendo afirmarse, como posteriormente describiremos, que durante largos periodos de tiempo se establecieron equilibrios estables en el aprovechamiento de los recursos.

Sin embargo, a lo largo de los siglos XVI-XVII se produce el primero de los cambios sustanciales en la dinámica del sistema, con un cambio sustancial en los equilibrios de explotación. La introducción progresiva del cultivo del arroz induce un cambio estructural, convirtiendo lo que hasta entonces era una laguna salobre, vinculada mayoritariamente a la dinámica marina, en una laguna litoral dulceacuícola, vinculada a recursos fluviales con un alto grado de regulación.

El segundo umbral de cambio se produce en nuestra opinión a partir de finales de los años cincuenta y principios de los sesenta del siglo XX y deriva de un factor bien distinto al anterior pero vinculado a su vez a la actividad antrópica. El acelerado desarrollo industrial y urbano que se inicia a partir de esta época en el área metropolitana de Valencia produce un impacto dramático en el equilibrio de los sistemas del humedal, induciendo un fuerte deterioro de este.

Merece en nuestra opinión resaltarse que existe una diferencia sustancial entre los dos momentos críticos descritos, el primero de ellos es consecuencia de la intensificación de la explotación directa de los recursos del humedal, mientras que el segundo podemos describirlo, permítannos la expresión, como un daño colateral, derivado de actividades que se desarrolla en buena parte fuera del ámbito estricto del humedal y no vinculados a la explotación directa de este. Es más, estos impactos repercutieron negativamente en los aprovechamientos tradicionales de los recursos del sistema.

Este segundo proceso de cambio, iniciado en la segunda parte del siglo XX tiene a su vez una característica distintiva. Se trata de un cambio rápido, acelerado, en otro orden de magnitud respecto a lo que consideraríamos propio de los sistemas naturales.

Esta segunda oleada de cambio ambiental en el sistema derivada de la actividad humana se estabiliza en gran medida a partir de la promulgación de las normas de protección del humedal, tras su declaración como parque Natural. Hoy los impactos sobre el humedal derivados de la actividad humana en su entorno se han mitigado en gran medida, pero los efectos negativos aún perduran, consecuencia de los reservorios de contaminantes acumulados durante este periodo.

El tercer impulso de cambio acelerado en el sistema del humedal viene definido por un factor aún más exógeno, aunque también vinculado a la actividad humana. Los procesos de cambio climático acelerado derivados de la emisión a la atmosfera de gases de efecto invernadero procedentes de la actividad humana, constituye la variable fundamental que va a determinar la evolución del sistema a medio y largo plazo.

Nos planteamos así como objetivo conceptual de este estudio, desarrollar una metodología que permita proyectar a medio plazo, cuál va a ser la evolución de un sistema complejo como este derivado de las fuerzas de cambio que en la actualidad inciden sobre él.

Evidentemente este planteamiento presenta dificultades derivadas de la propia complejidad de un sistema como el aquí considerado, en el que el gran número de variables que intervienen y la interdependencia que existe entre las mismas dificulta en gran medida el análisis.

El objeto de estudio elegido, L'Albufera de Valencia, es un humedal costero mediterráneo situado en el ámbito de la gran conurbación del área metropolitana de la ciudad de Valencia.

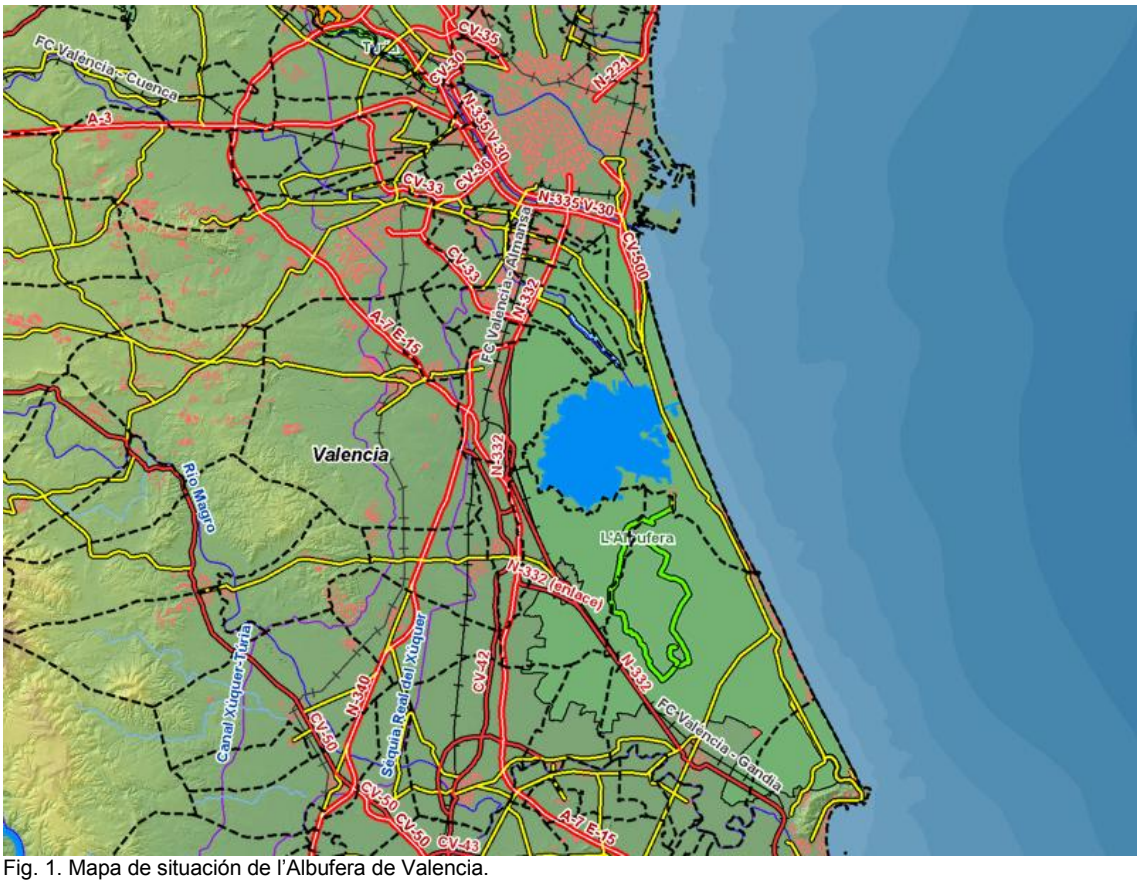


Fig. 1. Mapa de situación de l'Albufera de Valencia.

Puede considerarse el espacio natural de mayor interés en el ámbito del territorio de la Comunidad Valenciana. Se trata de un humedal de importancia internacional, corroborando este valor las distintas figuras de protección con las que cuenta. El sistema formado por el lago de la Albufera, su entorno de marjal-arrozal y la restinga adyacente a ambos, adquirió el régimen jurídico de Parque Natural por Decreto 89/1986 de 8 de julio, del Consell de la Generalitat Valenciana, sustituido por el vigente Decreto 71/1993 de 31 de mayo. Además, el 8 de mayo de 1990 se incorporó a la lista de Zona Húmedas de Importancia Internacional para las Aves, establecida en el Convenio de Ramsar (Irán) el 2 de febrero de 1971. También el Parque está incluido en la lista de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS) establecidas por la Directiva 79/409/CEE, sobre la protección de aves silvestres.

El sistema de l'Albufera podríamos definirlo, como ya hemos avanzado, como un complejo sistema agroecológico, en el que la intensa intervención humana ha configurado una estructura territorial en la que los usos y aprovechamientos han modelado el paisaje y condicionado las comunidades biológicas que lo conforman. Se describirán más adelante

los aspectos más significativos que hacen de este enclave el espacio de mayor valor natural de los existentes en el territorio de la Comunidad Valenciana.

Son muchos los estudios que se han realizado acerca de distintos aspectos medioambientales del área del Parque Natural de L'Albufera, disponiéndose de una abundante información sobre aspectos concretos de los componentes ecológicos del sistema y sobre su funcionamiento conjunto.

Merecen citarse a este respecto los estudios de V.M. Rosselló Verger, que además de una serie de publicaciones centradas en el análisis de la evolución geológica de l'Albufera, aborda una visión más integral en su libro titulado l'Albufera de Valencia (Rosselló, 1995). C. Dafauce también realiza un estudio piloto (Dafauce, 1975) que ha sido reiteradamente referido en estudios posteriores. Otros autores abordan también en sus estudios una descripción de la situación del sistema y sus perspectivas de evolución como J.M. Soria (Soria 2006), autor a su vez, como el anterior, de varios estudios sobre el funcionamiento hidrológico de l'Albufera, en solitario o junto a autores como E. Vicente Pedrós y M.R. Miracle, autores estos últimos que han abordado un amplio abanico de estudios de este sistema en aspectos relacionados con su ecología y funcionamiento hidrológico, y a los que nos referiremos reiteradamente a lo largo de este estudio.

Sintetizar el conocimiento disponible acerca de un sistema tan complejo como el de l'Albufera, tanto en los aspectos ecológicos como socioeconómicos, es una tarea ingente, que sobrepasa los presupuestos de un estudio como éste. Sin embargo resulta en nuestra opinión necesario construir una visión holística del sistema, a partir de la cual estructurar un modelo de conocimiento integrado que permita analizar adecuadamente la problemática actual y futura del espacio natural y establecer en consecuencia políticas adecuadas de gestión del mismo.

A ello dedicamos los primeros capítulos de este estudio, elaborando, a partir de la bibliografía disponible, una caracterización y diagnóstico de la situación actual del sistema, a partir de su evolución histórica. A partir de esta caracterización y de las tendencias de evolución mostradas, nos proponemos proyectar, mediante la metodología de escenarios, su posible evolución a medio plazo.

Se trata pues este de un estudio eminentemente teórico, en el que el análisis y la prospectiva fundamentan su estructura y resultados.

Somos conscientes de que se trata de un objetivo ambicioso, y no somos ajenos a la repercusión que las conclusiones a que se llega en este documento pueden tener en la sociedad valenciana, que mantiene un vínculo afectivo marcado con este espacio natural. La visión de la sociedad valenciana respecto de l'Albufera ha oscilado históricamente entre la meramente utilitaria, predominante sin duda hasta hace pocas décadas y que llegó a generar varios proyectos de desecación total y puesta en cultivo del humedal e, incluso, de urbanización de grandes áreas del mismo, a la estrictamente conservacionista, que ha llegado en su extremo a generar propuestas de gestión que podríamos llamar "primigenistas", en las que prácticamente se postulaba la reversión completa del humedal a un hipotético estado original. Estas visiones sesgadas se han venido generando conflictos de intereses entre los distintos agentes sociales implicados, sin que hasta la fecha, aunque se ha avanzado bastante, se haya logrado alcanzar una solución de consenso. Bien es

verdad que cabe la duda de que tal solución exista, dada la inherente complejidad de intereses que todo sistema socioeconómico-ambiental como este encierra.

Somos pues, y así ya lo constatamos en este inicio del estudio, partidarios de soluciones integradoras, capaces de encontrar puntos de equilibrio entre los distintos intereses que convergen en el humedal, maximizando así en lo posible los valores y beneficios ambientales producidos por estos ecosistemas. En este sentido, las soluciones aportadas en este documento tienden a huir de propuestas maximalistas, buscando, como se ha indicado, soluciones posibilistas lo más cercanas al óptimo ecológico. Se proponen en este sentido estrategias de gestión a desarrollar por las administraciones públicas competentes en esta materia, puesto que el análisis de la evolución histórica del sistema muestra claramente que el libre desarrollo de la actividad de los distintos agentes sociales no alcanza puntos de equilibrio satisfactorios si se pretende garantizar la conservación de los valores naturales del sistema.

No obstante, la complejidad de la interacción entre los factores ecológicos y la actividad humana confiere a la Albufera un singular interés como caso de estudio. Constituye un caso representativo de la problemática de los humedales costeros mediterráneos y por extensión, de todos aquellos situados en territorios de intensa actividad humana.

Justificamos así por tanto la elección del humedal de L'Albufera como ámbito de estudio, por sus características representativas como sistema natural agrobiológico, que ofrece la posibilidad de, a partir del estudio de la evolución de los factores ecológicos y socioeconómicos implicados, construir un modelo de análisis y prospección, extensible por ende a otros humedales mediterráneos de similares características, así como elaborar proyecciones de futuro que resulten útiles a la hora de conformar las políticas de gestión de la conservación de estos valiosos sistemas.

Se pretende, en resumen, construir un modelo holístico del funcionamiento del sistema de l'Albufera a partir del cual y mediante la metodología de escenarios elaborar proyecciones de evolución del mismo a medio plazo que resulten útiles como herramienta para planificar la gestión para su conservación.

3.2. Contextualización histórica.

Consideramos fundamental en todo proceso de análisis ambiental contextualizar el ámbito estudiado, lo cual consideramos debe hacerse a través de dos aspectos fundamentales a la hora de explicar su conformación actual, como son su evolución histórica y una descripción general del mismo, que precede al análisis y diagnóstico de las variables consideradas en este estudio. El análisis histórico aporta elementos de gran importancia para comprender la estructura funcional actual del sistema y poder determinar objetivos racionales a la hora de planificar las políticas de gestión.

Se ha elaborado este apartado siguiendo principalmente la información aportada en el más completo estudio histórico disponible, realizado por C. Sanchis Ibor (Sanchis Ibor C., 2001).

3.2.1. Orígenes del sistema Albufera.

En todo proceso de análisis ambiental es fundamental analizar la evolución histórica del ámbito territorial considerado, pues este aportará elementos de gran importancia para comprender la estructura funcional del sistema y determinar objetivos racionales a la hora de fijar la configuración óptima de éste para garantizar su conservación. Pretendemos en este apartado, sin ánimo de exhaustividad, señalar los hitos históricos fundamentales en la evolución del sistema, que son los que han determinado la configuración actual del mismo. Una descripción completa de los procesos de cambio ambiental en el sistema de l'Albufera puede encontrarse en remarcable obra de Sanchis Ibor (Sanchis Ibor C., 2001), que es de la que aquí nos servimos para la elaboración de este apartado.

La Albufera de Valencia es un humedal costero formado originariamente por el cierre por una barra arenosa de un entrante marino en la llanura cuaternaria valenciana (Sánchez Díaz, J. *et all.* 1991). Este cierre se produjo en el holoceno por lo que es reciente en términos geológicos. Santiesteban et. All. (Santisteban C. *et all*., 2009 indican que la primera barra de la restinga se formó entre 6.250 y 4.700 años BP, la segunda entre 4.400 y 2.700 años BP, la tercera entre 2.500 BP y el año 1.200 AD mientras que la última, la que actualmente individualiza el lago de l'Albufera se formó con posterioridad al año 1.200AD.

Una plataforma continental de escasa pendiente y abundantes aportes de sedimentos del río Turia permitió junto a la energía del viento y la acción de las corrientes marinas, el desarrollo de estas barras arenosas que progresivamente cerraron una porción del golfo de Valencia y dieron origen a la Albufera. El tramo septentrional de la restinga se formó a partir del crecimiento de una flecha de punta libre, la cual creó sucesivos ganchos. Por el sur debió producirse un avance sincrónico de la restinga, propiciado por la Muntanya de les Raboses, autentica trampa para los sedimentos transportados por la deriva litoral.

Ya en época histórica el historiador romano Fausto Avieno hace referencia a l'Albufera, cuyo lago entonces se extendía entre los cursos de los ríos Xúquer y Turia, rebasando el territorio que hoy ocupa el arrozal, con una superficie que sería superior a las 30.000 ha.

3.2.2. L'Albufera Medieval.

Ya en época andalusina ha llegado hasta nosotros la referencia dejada por el geógrafo Al-Zuhri en su "Tratado de Geografía Descriptiva", datado en el siglo XIII. Es la noticia más explícita referente a l'Albufera de esta época y hace poco menos que localizar el humedal y sugerir la idea de una Albufera bien comunicada con el mar.

La información disponible apunta a que en origen el lago tenía forma lenticular con un talud suave por el Oeste y más abrupto por la costa. Su salida natural al mar a causa de la deriva litoral se hallaba en el extremo Sur. Su fisonomía sería bien distinta a la que podemos contemplar actualmente. El lago, de mayores dimensiones como se ha dicho, ocupaba la mayor parte de lo que hoy constituyen arrozales, más concretamente los "Tancats" objeto de nuestro estudio, mientras que en su entorno más inmediato, en las áreas que hoy albergan cultivos hortícolas o de cítricos, se encontraban cultivos de secano o manchas de vegetación forestal con carrascas y pinos.

El mapa que se incluye a continuación refleja la morfología l'Albufera en época medieval.

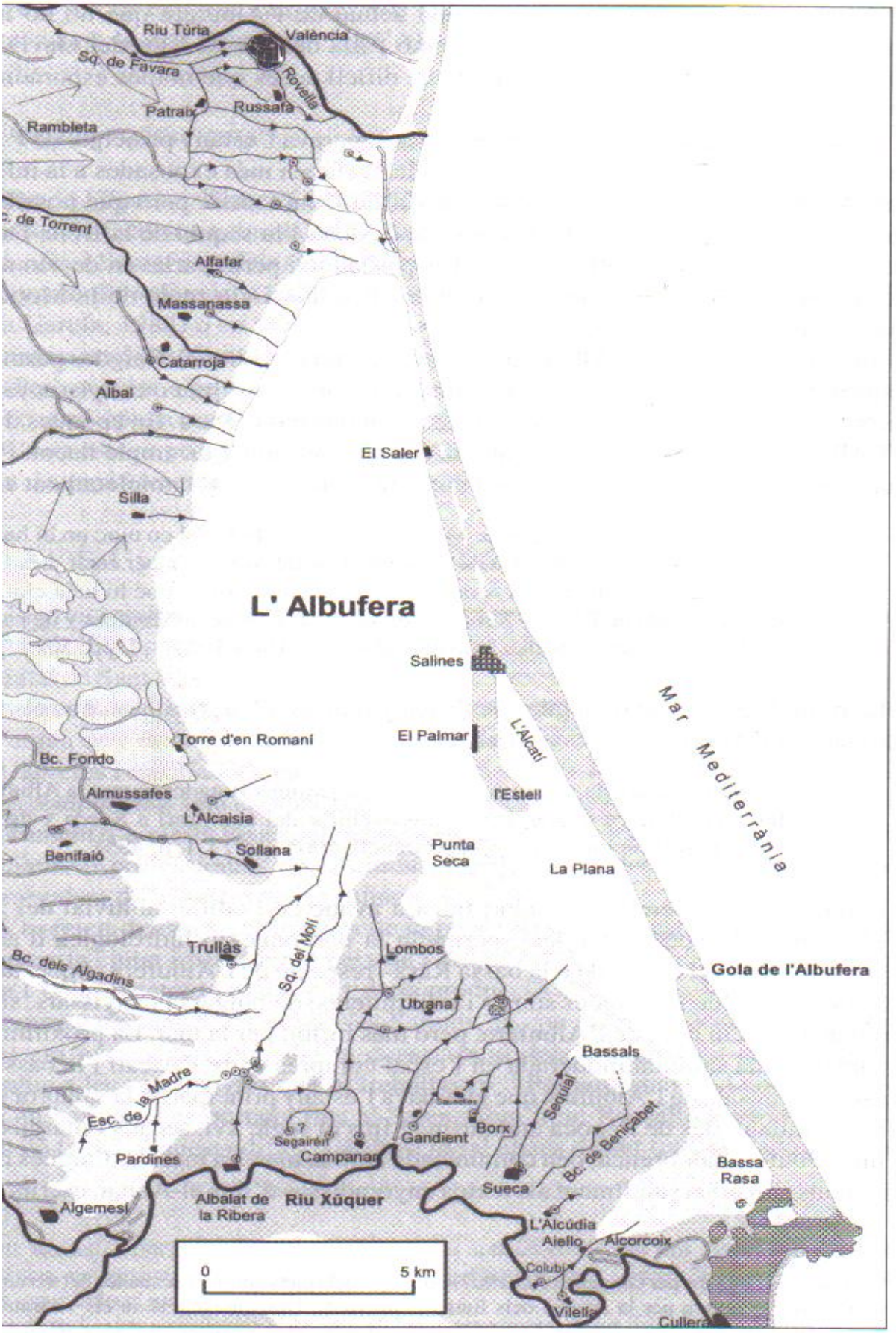


Fig. 2. L'Albufera de Valencia en época medieval. Tomado de Sanchis Ibor, C. Regadiu i canvi ambiental a l'Albufera de Valencia, Universitat de Valencia, 2001.

En tiempos posteriores a la conquista cristiana, parece que la comunicación entre el mar y el lago solo se establecía a través de una “gola”, situada junto al actual Mareny de Barraquetes, gola que en el siglo XIV ya estaba bajo control antrópico. El canal tenía, según referencias de 1607, unos 200 metros de anchura y su profundidad podía superar los 2 metros. El sentido del flujo dependía de la meteorología o del nivel de agua del lago. El intercambio de aguas marinas y continentales mantenía las aguas del lago con un nivel variable de salinidad, carácter este que perduró con oscilaciones hasta comienzos del siglo XVII. Así la documentación archivística demuestra cómo hasta comienzos de este siglo l’Albufera era un lago salobre, hecho que permitió el funcionamiento de las salinas hasta el año 1611. Cabe suponer sin embargo que la salinidad de los estanys adyacentes a la gola -L’Alcatí y la Plana- sería mayor que la del lago principal, el cual se dulcificaría antes.

En cuanto a su delimitación, en época medieval, el lago se extendía desde los relieves calcáreos de la Serra de les Raboses en Cullera hasta los “francs i marjals” de la ciudad de Valencia, que llegaban hasta la desembocadura del río Turia. El lago principal, de forma alargada y con forma de menguante lunar, estaba rodeado de una orla de marjales de dimensiones variables, más extensa en sus extremos norte y sur. Las estructuras tectónicas ibéricas- miocénicas y cretácicas- del antepaís de l’Albufera se extendían hacia el marjal formando un piedemonte mioplioceno de arcillas y margas. En la zona de contacto entre estos materiales y los limos sedimentarios del marjal se forman gran número de fuentes y “ullals”.

El límite septentrional del humedal en esta época resulta según la bibliografía consultada difícil de definir. La fluctuación del tramo bajo del Turia a lo largo del tiempo conforma un amplio espacio de marjal que llegaba a conectar con las antiguas Albuferas de la comarca de L’Horta Nord (Cano García; 1977) (Pardo Et All.; 1996). En estas marjales debía desembocar también el barranco denominado La Rambleta, un cauce conectado con el barranco de la Saleta, la Rambla de Chiva y otras escorrentías de l’Horta Oest, que además drenaba buena parte de los “francs i marjals” de Valencia y salía al mar, en el siglo XIX, en la zona sur del actual cauce nuevo del Turia. Una vez se cruzaba este barranco en dirección sur se encontraban las partidas del Brosquil y el Tremolar, situadas a orillas del lago y que según parece desprenderse de la documentación medieval quedaban anegadas en periodos de aguas altas.

Al sudoeste del Brosquil y el Tremolar, la franja de marjal se estrechaba por los conos aluviales pleistocenos y holocenos formados por los barrancos de Torrent y Picassent (Carmona, P.; 1995). El escalón topográfico que hoy puede percibirse entre las zonas de cultivo de arroz y hortícolas y que alcanza cerca de 2 m en las cercanías del puerto de Silla, refleja, aunque con fuertes alteraciones por la acción antrópica, el límite entre ambos ambientes.

Más al sur, ya cerca del Romaní, los relieves miocenos-tortonienses (Barón et Al, 1980); acentúan el contraste topográfico entre el marjal y las zonas interiores, permitiendo de este modo un rápida transición hacia las comunidades vegetales esclerófilas propiamente termomediterráneas. Así el amojonamiento de 1577 hace referencia a la existencia de un carrascal en término de El Romaní.

Siguiendo hacia el sur por el término de Sollana el marjal volvía a ensancharse, conectando con la depresión que desde el rincón de Xéixena, en el Júcar cerca de

Algemesí, descendía hasta el humedal. Este corredor de marjal pudo haber servido al Júcar en algún momento del Pleistoceno para desembocar en l'Albufera. El marjal empezaba por tanto en aquella época en término de Algemesí donde recogía las escorrentías del cono aluvial del río Magro, incorporaba el agua de numerosos ullals de las partidas hondas de Albalat de la Ribera, que es la zona de descarga del acuífero aluvial del bajo Júcar y recibía por el oeste los aportes del barranco de Algadins, que drenaba los relieves cretácicos y miocenos de la Serra del Besori. Al este de este corredor el edificio aluvial del bajo Júcar se ensancha y penetra hacia l'Albufera hasta el alto de la Llonga.

A orillas del lago, en término de Sueca, había diversas balsas y estanques, hoy en día desaparecidos y de difícil ubicación. El más frecuentemente citado en la documentación es el estany Redó, que aparece en la cartografía hasta finales del XIX.

La isla o islas de l'Estell o del Fornás constituían la prolongación de un pedúnculo que arrancaba del Racó de l'Olla y que incluía también El Palmar, lugar que no parece haber sido realmente una Isla, ya que en la cartografía anterior a 1770, momento en que se abre la primera acequia que lo separa del Racó de l'Olla, el Palmar aparece como una península.

El estrecho formado por l'Estell y la punta Seca separaba el estany principal de l'Alcatí y la Plana, zonas que por su proximidad a la gola resultaban más expuestas a la influencia marina. La Plana se extendía desde l'Alcatí a la Gola. Más al sur la gola marcaba el punto más meridional de aguas permanentes. Al sur de aquella, el estany se alargaba sobre un extenso prado o carrizal salpicado de charcas. En épocas de aguas altas, l'Albufera anegaría buena parte de este marjal, constituyendo una amplia lámina de agua. Por el contrario durante el estiaje la lámina de agua menguaba incluso hasta el punto de permitir el paso a pie a través de los mismos.

El alto de la Calderería, otra cuña de avance del edificio aluvial del Júcar situada entre los términos de Sueca y Cullera, permitía la desconexión hidrológica de estas charcas meridionales-el Rebassal o la bassa Rasa- respecto de l'Albufera. Este marjal meridional era una laguna de aguas someras e intermitentes, de fangales y carrizales, similar a los marjales del extremo norte de l'Albufera, pero con mayor influencia marina. La proximidad de la gola mantenía una salinidad moderada en el espacio comprendido entre l'Alcatí y la Bassa Rasa, una especie de antesala de l'Albufera que preservaba el lago principal de la salinidad marina.

En síntesis puede decirse que desde la época andalusina hasta el siglo XVI, secanos y marjales rodeaban una Albufera salobre, bien comunicada con el mar.

En cuanto a los usos y aprovechamientos predominantes en el ámbito de l'Albufera durante este periodo histórico la blibliografía apunta a que se llevaba a cabo una explotación extensiva del territorio, mediante el aprovechamiento de la pesca y la caza, la producción salinera, la recolección de plantas y leñas y la actividad ganadera. La peculiaridad de l'Albufera radica en que mientras otros humedales del territorio valenciano e incluso de todo el ámbito mediterráneo fueron objeto de actuaciones de desecación y saneamiento agrario desde este periodo medieval, esta se mantuvo más o menos estable, dado que la agricultura estaba prohibida en su ámbito. L'Albufera era propiedad real y no se podía transformar, con tal de proteger el coto de caza y la actividad pesquera, que producía importantes rentas para la corona.

Es importante a la hora de contextualizar los usos actuales poner en perspectiva la evolución histórica de los usos y aprovechamientos en l'Albufera, pues ello nos ofrece una mejor perspectiva a la hora de estructurar los escenarios de futuro, al proporcionar una visión dinámica de la evolución del sistema, alejada de la visión estatista de l'Albufera como gran coto arrocero que se perpetúa a través de los siglos.

Resaltar asimismo que el desarrollo de estos usos implicaba ya entonces una gestión hidrológica del sistema, gestión que denotaba una perfecta adaptación a las condiciones ecológicas del humedal por parte de las poblaciones de la época, constituyendo un valioso ejemplo de explotación sostenible del recurso. A su vez estas prácticas implicaban un conocimiento profundo del funcionamiento del sistema, que solo podría proporcionar una gestión prolongada de éste. Ello explicaría el hecho de que los conquistadores cristianos mantuvieran poblaciones musulmanas de l'Albufera, con el fin de mantener y transmitir los conocimientos necesarios para la gestión del humedal.

Hay por tanto constancia de una gestión hídrica del ecosistema de l'Albufera desde el siglo XIII, una gestión orientada fundamentalmente a maximizar su productividad piscícola. Esta gestión hidrológica implicaba dos tipos fundamentales de actuaciones. La principal y más constante en el tiempo era el control artificial de la apertura de la gola, que permitía controlar la entrada y salida del agua y los peces. El otro tipo de actuación consistía en la derivación de caudales fluviales hacia l'Albufera, con el fin de elevar los niveles de agua en épocas de escasez. El control de la gola era una tarea relativamente sencilla, que no implicaba una tecnología compleja. Sin embargo, la aportación de caudales fluviales implicaba la construcción de infraestructuras hidráulicas de cierta complejidad. Hay constancia de que en tiempos de Pere IV ya se procedió a conducir aguas procedentes del Guadalaviar hacia l'Albufera, a través de la acequia Nova d'En Fluvià.

Es sin embargo ya en el siglo XVI cuando se llevan a cabo las obras hidráulicas de mayor relevancia, construyéndose las dos "Sequies del Rei". Por la zona norte se procedió a conducir la escorrentía de la Rambleta hacia el lago, mientras que por la parte sur, superadas las limitaciones derivadas de la navegabilidad del Júcar, hacia 1494 se empezó a excavar la Séquia del Rei que tomaba las aguas en un punto del río aguas arriba de Fortaleny, justo donde hoy se encuentra el Asut de Cullera. Su trazado se corresponde aproximadamente al que aún hoy sigue en el término de Sueca. Cabe remarcar que este canal no funcionaba de manera regular. La entrada de caudales procedentes del Júcar solo se realizaba en épocas de extrema necesidad y en combinación con la apertura de la gola, de modo que se pudieran introducir también los peces y el agua del mar, para evitar la dulcificación excesiva del agua del lago.

Esta gestión hidráulica respondía únicamente a los intereses de los pescadores. El riego era entonces una actividad ajena a los administradores del humedal. La producción arrocera era insignificante y no dependía de los niveles del lago, no había "tancats" y solo se regaba con caudales procedentes de fuentes y acequias de derivación fluvial.

No obstante tampoco hay que caer en una percepción altruista de la gestión del humedal por los pescadores. El arrendatario de la explotación piscícola de l'Albufera solía demorar la apertura de la gola, por el alto coste que implicaba esta operación, poniendo en peligro la estabilidad ecológica del sistema al impedir la renovación del agua y de las poblaciones piscícolas.

En definitiva l'Albufera en época medieval ya era un humedal enteramente bajo control humano, aunque la tipología y sobre todo la finalidad de esta intervención antrópica distaban mucho de la que se desarrolla en la actualidad.

Ya en época moderna, concretamente a partir del siglo XVI, se acometen los primeros intentos de desecación y cultivo a gran escala. Es en esta época cuando se produce el primer cambio sustancial en las condiciones ecológicas del lago, como consecuencia del desarrollo de los sistemas de regadío y la intensificación de la actividad agraria, en concreto el cultivo del arroz, en detrimento de los usos predominantes durante el periodo medieval.

Siguiendo en esta materia a Sanchis Ibor (Sanchis Ibor, C.; 2001) podeos indicar que aunque ya existían infraestructuras de regadío en el ámbito estudiado en época andalusí, que consistía mayoritariamente en un espacio hidráulico conformado por pequeñas huertas asociadas a las Alquerías islámicas y alimentadas por fuentes, minas o manantiales (ullals). Estas huertas de alquería, dispersas entre amplios secanos y prados se extendían desde el río Júcar hasta la ciudad de Valencia.

Sin embargo en el entorno de la ciudad se desarrolló ya en época islámica un microsistema de riego de derivación fluvial, basado en el aprovechamiento de los caudales del Guadalaviar. Marco Segura *et all*. (Marco Segura *et all*.; 1995) proponen una cronología para su construcción, estableciendo su origen a principios de siglo XIII y posteriores ampliaciones en época feudal. Estos mismos autores establecen que la superficie regada a fines del periodo islámico era muy inferior a la alcanzada posteriormente durante la época feudal, pudiendo diferenciar las unidades creadas durante una y otra época. En época islámica, dos acequias principales, Favara y Rovella aportaban caudales del rio a los marjales del norte de l'Albufera. Mientras la acequia de Rovella tenía un carácter más urbano, aportando caudales a la ciudad y sirviendo para su saneamiento. La acequia de Favara tenía un carácter más eminentemente agrícola, aportando caudales a la huerta de la zona norte de l'Albufera. En todo caso cabe indicar que el impacto hídrico de estos canales en el régimen del lago era mínimo. Los aportes de caudales del Guadalaviar a través de estos canales eran escasos y se perdían en las zonas de marjal, en el entorno de la Rambleta, lejos del lago.

Tras la conquista, los nuevos pobladores cristianos no solo asumieron la conservación de las infraestructuras de riego sino que procedieron a su ampliación. Así Jaime I impulsa la construcción de varias infraestructuras de riego de importante envergadura para la época. La más notable de todas y de mayor incidencia para la hidrología de l'Albufera es la Acequia Real del Júcar, construida entre 1258 y 1273, que permitió extender el riego sobre una parte de la Ribera Alta. Así aunque la pretensión inicial parece ser que fue llevar el agua hasta Almussafes, finalmente el canal solo alcanzó la localidad de Algemesí y así permaneció hasta la ampliación del siglo XVIII. Aunque el incremento de la superficie regada fue notable, la repercusión hidrológica real de esta infraestructura sobre el lago no fue demasiado relevante. El hecho de que Algemesí, que era la última población de la acequia, se viera obligado a regar por tandas distribuidas a lo largo de todos los días de la semana indica que los caudales que recibía eran bastante escasos, por lo que los excedentes, que se conducían hacia el humedal por la acequia de la Madre, no debían ser demasiado importantes. En esta misma época también se acomete la ampliación del

regadío derivado del Guadalaviar, que entre otras actuaciones incluyó la prolongación de la acequia de Favara, hasta alcanzar la localidad de Albal.

A principios del siglo XV, se constata una importante ampliación del regadío en la zona norte y sur del humedal. En esta época se acomete la bonificación de los “Francs i Marjals” de Valencia, área marjalera situada entre el rio y la parte norte del lago. Cabe destacar a este respecto que los drenajes construidos no aportaban caudales al lago, dada la oposición de la Corona, al considerar que dulcificaban el agua de este afectando a las pesquerías, sino que los devolvían al cauce del rio.

No obstante el hecho histórico fundamental que vino a alterar la configuración hidráulica del marjal fue la expansión, a partir de este siglo de los regadíos en la zona sur del sistema.

En 1415 un decreto de Fernando I autorizaba a la villa de Cullera a tomar agua del Júcar para regar sus tierras. Aunque inicialmente se respetaron los derechos de la navegación fluvial, en posteriores decretos la monarquía ya obvió esta referencia, con lo que se abrió la puerta a la expansión del regadío en el entorno del humedal, hecho éste que como se verá, supondrá un dramático cambio en las condiciones ecológicas de aquel. Fue así el privilegio real concedido en 1484 a la villa de Sueca, concediéndole la posibilidad de aprovechar sin limitación caudales del Júcar, el hito que supuso la mayor transformación de la zona sur de l’Albufera y que a la vez supondría una verdadera modificación de la hidrología del lago. La construcción de la Séquia Major de Sueca en 1506 supone un hito fundamental en la evolución de los ecosistemas de l’Albufera, ya que permitía disponer de caudales adicionales que permitieron la expansión del cultivo del arroz. La llegada abundante de caudales del Júcar iba a determinar cambios significativos en la hidrología de l’Albufera.

3.2.3. L’Albufera en época histórica moderna.

Los amojonamientos ordenados por la corona en 1577 y en 1761 suponen dos hitos que delimitan claramente un periodo crucial en la evolución medioambiental del sistema de l’Albufera. Mientras el primero fue ordenado con la finalidad de proteger el humedal y los sistemas de explotación que hasta entonces habían ofrecido muy buenos rendimientos a la corona, el segundo formaba parte de un conjunto de medidas dirigidas al saneamiento del marjal. El sistema tradicional de explotación iba ya a ser definitivamente sustituido por una operación de colonización agraria, que orientaba definitivamente la evolución del sistema hacia el monocultivo arrocero.

En este intervalo temporal acontecieron varios hechos significativos que determinaron el cambio en la política de gestión seguida por el patrimonio real durante siglos. El anteriormente descrito desarrollo de los regadíos en la Ribera Baja del Júcar y una mala gestión de la gola, incrementaron los aportes de recursos al hidrosistema, provocando la definitiva dulcificación del agua del lago. No es necesario remarcar que se trató de una crisis ecológica de grandes proporciones que tuvo reflejo inmediato en el funcionamiento del ecosistema y consecuentemente en los usos y aprovechamientos desarrollados hasta entonces. La actividad salinera desapareció y las capturas pesqueras disminuyeron dramáticamente. Pese a los tímidos intentos de la corona por restaurar las condiciones ambientales del sistema, aquella no disponía de medios técnicos ni de recursos

económicos para afrontar las actuaciones necesarias. Así la expansión arrocera, sobre todo en la zona meridional del humedal, desbarató definitivamente el equilibrio mantenido al menos en los 600 años anteriores, encaminando el sistema hacia la configuración que hoy conocemos. El desarrollo del regadío ha actuado como agente de cambio ambiental determinante en el sistema de l'Albufera y se convierte así en el elemento fundamental en la gestión de este hasta nuestros días.

En 1656 encontramos otro hecho determinante para la comprensión del avance imparable del arrozal a costa de los antiguos dominios lacustres. Felipe IV, agradecido por las donaciones de trigo efectuadas por la orden de Montesa en tiempos de guerra, cede a la localidad de Sueca los terrenos que dejara libre l'Albufera a consecuencia del retroceso de sus aguas. Este privilegio explica el explosivo crecimiento experimentado por el arrozal en este término, dado que el privilegio no se concedió a otras localidades. Los de Sueca aprovecharon para transformar en arrozal todas aquellas tierras que fueron capaces de drenar y así entre 1567 y 1760, la superficie regada cuadruplicó su extensión, incrementándose la superficie de arrozal en más de 25.000 fanegadas. La expansión agrícola también afecto a zonas del entorno del lago tradicionalmente dedicadas al pastoreo (bovalars, Prats etc.), desplazando el ganado hacia otras zonas más altas donde no era viable el regadío. Aunque en menor medida que en el caso de Sueca, en el resto del entorno del humedal también se produjo una expansión del regadío a costa no ya del lago sino de las zonas bajas situadas en su entorno.

Pero el proceso de dulcificación de los recursos del lago no se explicaría solo por los aportes procedentes de las nuevas infraestructuras de regadío. La gestión de la gola de l'Albufera fue el otro factor determinante en la evolución del sistema. Se puede afirmar que se trató de un proceso cooperativo. Los mayores caudales de agua dulce llegaban al lago a través de la acequia mayor de Sueca, que los vertía justo en la zona inmediata a la gola, que había sido hasta entonces la zona de mayor influencia marina. El agua dulce y los nutrientes procedentes de las escorrentías de los arrozales favorecieron la instauración de comunidades vegetales más abundantes y menos específicas que progresivamente fueron dificultando la comunicación del lago con el mar. La crisis financiera que afectaba entonces a la corona hizo el resto, puesto que para no tener que asumir el coste de la apertura periódica de la gola se instaló un dique fijo, que cortó la comunicación entre l'Albufera y el mar entre 1607 y1635, con, como puede intuirse, consecuencias desastrosas para los aprovechamientos salineros y piscícolas tradicionales. El dique fijo alteró la dinámica marina en el entorno de la gola, provocando la acumulación de sedimentos y con ello el estrechamiento de la gola. Si a esto añadimos como ya se ha mencionado los aportes de sedimentos procedentes de los arrozales y el consecuente desarrollo de vegetación abundante en el entorno de la gola, tendremos trazado el panorama que conducía inevitablemente al cambio ambiental del sistema. Se intentaron varios proyectos para evitar que el agua dulce de la acequia Mayor de Sueca llegara al humedal pero todos ellos acabaron en fracaso.

En 1669, consecuencia de la concordia firmada en 1663 entre el Real Patrimonio, la Orden de Montesa y la ciudad de Sueca, cuya pretensión básica fue tratar de compaginar los intereses de todos los usuarios del lago, se procede a excavar en la gola dos canales paralelos de unos 50 metros de ancho y aproximadamente 1 km de longitud, el denominado "Riuet", que mejora en gran medida la comunicación de l'Albufera con el mar. Significó un freno momentáneo a la expansión arrocera, que como veremos, retomaría un vigor ya definitivo en el siglo siguiente. En todo caso se trato es interesante resaltar que se

trató de un intento de consensuar la gestión de los recursos, lo que no deja de ser un primer atisbo de ordenación de usos

A finales del siglo XVI se había producido un primer intento de dar salida a las aguas de l'Albufera por un canal alternativo a la gola natural, se abre así una acequia (la sequia de Miquel Vicent) aunque esta estaba mal construida y no tenía funcionalidad, siendo abandonada al poco tiempo. Sin embargo la primera acequia de drenaje que si tuvo función fue la construida según proyecto de Antoni Palau y que tuvo un funcionamiento satisfactorio, permitiendo una regulación más ágil de los niveles de l'Albufera, aunque ello no supuso en un primer momento la desaparición de la gola, que fue gestionada más correctamente.

Un nuevo hecho fundamental viene a marcar la gestión del humedal a principios del siglo XVIII. La Corona cede en 1708 l'Albufera al Conde de las Torres, rompiendo así el marco legal que había regido su gestión desde la época medieval. La consecuencia más inmediata era que los privilegios reales acumulados a lo largo de cinco siglos, perdían valor dentro del nuevo señorío, de manera que los jurados y los consejeros del Común de Pescadores quedaban en cierta medida desamparados, con lo que su oposición a la expansión arrocera se vería muy debilitada.

Ante el agravamiento de los problemas de gestión de la gola natural en 1725 se procede a abrir un nuevo canal de comunicación con el mar, la acequia dels Pujols o del Pojol Vell, con un trazado directo desde la zona central del lago hasta el mar. De esta época data también la primera noticia sobre la existencia de la acequia del Perelló, construida con la misma finalidad. Sin embargo el conflicto entre agricultores y pescadores por la gestión hidrológica del lago se fue agravando, desembocando incluso en conflictos armados por la abertura de la gola. En 1740, tras un generoso donativo por parte de los de Sueca, la corona les concede el privilegio de abrir la gola a su voluntad. Esa decisión incrementaría la conflictividad, provocando un largo proceso de pleitos por ambos bandos, que desembocó finalmente en 1761 en el rescate por la corona de la propiedad del lago, en un intento de ordenar la gestión y conciliar los intereses contrapuestos de los dos sistemas de explotación vigentes.

Sin embargo, este hecho, lejos de suponer un apoyo a los intereses de los pescadores, constituyó el punto de inflexión definitivo en el cambio ecológico de l'Albufera. La corona impulsó un ambicioso programa de saneamiento y puesta en cultivo de nuevas tierras. A finales del setecientos, la superficie destinada al cultivo había crecido extraordinariamente, a causa del cambio de orientación por parte de la corona, del crecimiento demográfico y del desarrollo de una incipiente agricultura comercial.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX se produce un nuevo hecho fundamental en la evolución del ecosistema del humedal. En estos años se finalizan las obras de prolongación de la Acequia Real del Júcar, con lo cual se produce un notable incremento de los aportes de agua dulce al sistema, que acabará por variar definitivamente las características del lago, convirtiéndolo definitivamente en un lago de agua dulce.

A lo largo del XIX se mantuvo una continuidad en la gestión, primando las actuaciones de saneamiento y desarrollándose una larga serie de actuaciones en las redes de riego y de drenaje con el fin por un lado de garantizar el riego y por otro de permitir el desagüe del lago

Ante la dificultad para disponer de mayores caudales de riego la expansión arrocera se hizo a costa del propio lago. El saneamiento de zonas de marjal contiguas al lago permitía disponer de los propios caudales de este, mucho más seguros que los que llegaban a través de las redes de riego, dando origen a los "Tancats", que funcionan como unidades hidráulicas prácticamente independientes del sistema general de riego, vinculados únicamente a las fluctuaciones en el nivel del lago. Estos juegan en la actualidad, como veremos más adelante en este estudio un papel fundamental en la dinámica del humedal. Se inician asimismo las actuaciones de aterramiento de las zonas bonificadas. Por otra parte un hecho fundamental fue la mejora casi definitiva del drenaje del lago, que permitía controlar los niveles de este en función de los intereses de los cultivadores.

En 1865 el lago se incorporó definitivamente al patrimonio del Estado, por entonces ya diferenciado del patrimonio real quedando la gestión en manos de la Dirección General de Propiedades y Derechos del Estado. Los funcionarios de este cuerpo, de acuerdo con los principios del liberalismo, entonces (y ahora otra vez…) en boga, trataron de impulsar la desamortización del humedal, pero estos intentos fracasaron y, como se verá, no fue transferido al Ayuntamiento de Valencia hasta 1927. Sin embargo, este periodo de transición afectó negativamente al humedal, puesto que la administración redujo los gastos derivados de la conservación del mismo, lo que repercutió en la disminución de la vigilancia, alentando por otra parte la presentación de grandes proyectos de transformación por parte de promotores privados. Aunque ninguno de estos grandes proyectos se llevó a término, la relajación en la vigilancia del patrimonio público derivó en una intensificación de los trabajos de saneamiento iniciados a lo largo del siglo anterior. Entre dichos años de 1865 y 1927 la superficie del lago se redujo en unas 5.000 ha, a pesar de que la coyuntura de los mercados del arroz no resultaba demasiado favorable, dado que desde 1852 se había liberalizado la importación de cereales y a partir de 1886, los precios del arroz procedente de extremo oriente descendieron por la abertura del Canal de Suez.

Puede considerarse, siguiendo a distintos autores, que para finales del siglo XIX, la infraestructura de regadío del entorno de l'Albufera estaba ya prácticamente concluida. Las acequias mayores de Sueca y Cullera dominaban la zona meridional del humedal; las obras de la segunda sección de la Acequia Real del Júcar habían sido completadas durante la primera mitad del S XIX y la construcción del canal del Turia había permitido asegurar el riego de los arrozales de la zona de la huerta de Valencia. Sin embargo quedaban aun algunas zonas todavía por transformar, que requerían de la llegada de nuevos caudales, cosa que se hacía ya difícil, no ya propiamente por las carencias de infraestructuras, sino porque los conflictos entre usuarios hacían inviable disponer de más caudales en el tramo bajo de los sistemas de riego descritos. Esta limitación se soslayó en el entorno del lago mediante el aprovechamiento de los caudales de este para riego. Esta práctica, que como se ha indicado dará origen a los Tancats, se inició a mediados de este siglo, utilizándose para ello Tahonas, "poals" y "Sènies" de tracción animal. Sin embargo será la introducción de los bombeos con máquina de vapor y de motores de gas pobre lo que daría viabilidad definitivamente a esta modalidad de cultivo. La generalización en el uso de estos sistemas de impulsión configuró un anillo de Tancats alrededor del lago, provocando la reestructuración de la red de canales, para adecuarlas a la nueva ordenación del regadío.

La mejora de las infraestructuras de riego comportó asimismo el aumento de los caudales sobrantes que llegaban al lago, lo que agravaba los seculares problemas de drenaje del

mismo. Para solucionar esta problemática, así como para tratar de ganar más terreno al humedal para su cultivo se abrió una nueva gola artificial, la gola del Perellonet, dotada con compuertas de regulación, que a su vez fueron instaladas en la Gola del Perelló, lo que permitía controlar en mayor medida el drenaje del lago y regular con mayor eficacia el cultivo del arroz. Las infraestructuras de desagüe se completarían en 1953 con la construcción de la Gola del Pujol.

Entretanto, a partir sobre todo de 1840, se había producido otro hecho importante que era la consolidación de la Junta de Desagüe de la Albufera, que se constituyó en el organismo en el que se hallaban representados los distintos estamentos con intereses en la regulación hídrica del lago y que a partir de entonces pasó a actuar como organismo de gestión del mismo. En 1862 se aprobaron las Ordenanzas para el Desagüe del Real Lago de La Albufera con objeto de sentar las bases para la gestión hidrológica del sistema.

También durante este periodo, la segunda mitad del S.XIX, se presentaron los primeros proyectos para la desecación total del lago y su puesta en cultivo que, como es obvio y por fortuna para la conservación del humedal, no tuvieron viabilidad. La paralización definitiva de este tipo de propuestas llegó con el inicio del proceso de transferencia de l'Albufera al Ayuntamiento de Valencia.

Fue por tanto un periodo crítico en el proceso de antropización del sistema del humedal de l'Albufera, de manera que este, en el momento de su transferencia al Ayuntamiento de Valencia, era un estanque fuertemente artificializado, donde predominaba la actividad agrícola y consecuentemente, con un funcionamiento hidrológico muy distinto del propio de la Albufera medieval.

Este proceso de transferencia se inició como consecuencia de la reacción de la sociedad valenciana ante el acelerado avance de las actuaciones de bonificación, estimuladas como se ha dicho por la política de inspiración liberal seguida en aquel momento por el estado, que llegó incluso en 1865 a declarar el humedal como bien alienable, inscribiéndolo en el registro de la propiedad con una extensión de 8.130 ha y tasándolo en 453.000 pesetas, aunque no llegó a realizarse la subasta. Se favoreció asimismo la ocupación de las tierras por parte de propietarios privados, por una parte por la disminución de la vigilancia y por otro mediante distintas disposiciones dirigidas a reconocer a los ocupantes la titularidad de los terrenos, a cambio del pago de determinadas tasas. Mediante este proceso pasaron legalmente a manos privadas alrededor de 10.000 Hanegadas de terrenos.

3.2.4. L'Albufera en época histórica contemporánea.

El 15 de mayo de 1905, el Ayuntamiento de Valencia, a propuesta de su Alcalde, acordó solicitar al estado la cesión de l'Albufera y la Devesa, medida con la que se pretendía evitar la inminente desaparición del lago, convirtiendo el espacio en lugar de esparcimiento para todos los ciudadanos. La medida era apoyada por todos los grupos políticos con representación en el pleno. En 1906 se elaboró por el propio Ayuntamiento una propuesta de Ley de cesión que fue remitida al gobierno central. La respuesta del Ministerio de Fomento llegó un año después y tuvo sentido negativo.

En 1909 el gobierno central autorizaba el acceso libre al bosque de la Devesa, donde el Ayuntamiento planeaba edificar un Hotel y diversos restaurantes, a los que daría acceso

una carretera de nueva construcción. Era evidente pues que la intención del consistorio valenciano no era recuperar aquella Albufera de los pescadores y en menor medida de los cazadores, sino dotar a la ciudad de un lugar de recreo. En 1911, Alfonso XIII aprobaba una breve ley en la cual se contenían las condiciones para el traspaso del humedal. En ella, aspecto muy importante, se prohibía al Ayuntamiento la desecación del lago y se le obligaba a conservar el arbolado y la integridad del suelo de la Devesa, bajo pena de revocar la cesión. Asimismo, se fijaba la obligación de proceder al deslinde y amojonamiento de l'Albufera con tal de fijar los terrenos incluidos en la operación. Esta resulto ser, como era previsible, una tarea ímproba. Los largos decenios de bonificaciones y ocupaciones habían reducido considerablemente la extensión real de la propiedad estatal. Resulta a este respecto muy ilustrativa la anotación que realizaban los responsables del deslinde tras recoger todos los títulos de propiedad aportados por los afectados:

"Si sumamos todas las superficies que según los títulos aportados pertenecen a particulares, nos encontramos que miden igual o mayor extensión que la que hoy tiene el lago y resultará, por consiguiente, que el Estado, con mejor título que los particulares y dueño de una extensión de 8.497 ha., no sería dueño de nada".

No obstante, ante el temor a los conflictos que podían derivarse de iniciar un proceso de reversión masivo de los terrenos transformados, se optó por una solución similar a la seguida en la Ley de 1897: fijar un canon por anegada que permitiera legitimar las propiedades situadas fuera del ámbito del lago. Aun así los propietarios impugnaron el amojonamiento iniciándose el consecuente procedimiento de revisión, volviéndose a fijar la zona reivindicable, la cual se estimó en una superficie de 6.925 hanegadas, no obstante se volvió a impugnar la propia revisión, pretendiendo incluso legalizar las zonas que se habían ganado al lago durante el propio procedimiento de revisión.

Todo ello evidentemente demoró el traspaso del humedal al Ayuntamiento, hasta que por fin en 1926 se autorizó mediante Real Orden la ejecución del amojonamiento, que concluyó en mayo de 1927. El 3 de junio de ese mismo año el propio monarca, de visita en la ciudad, hizo entrega del lago a los representantes de esta.

La situación desde entonces puede considerarse como más o menos estabilizada en cuanto a la distribución de las tierras y el uso de los mismos. Sin embargo el humedal ha vivido desde entonces un acelerado proceso de cambio ambiental, esta vez derivado no tanto de su explotación agrícola, sino del fuerte desarrollo industrial y urbano en su entorno.

Es sobre todo a partir de la década de los 60 del siglo pasado cuando el desarrollo industrial y urbano en el entorno del humedal e incluso en su interior adquiere unas proporciones inusitadas.

La implantación de industrias de diversos sectores, pero sobre todo del mueble, metal y curtidos en los distintos municipios de la cuenca vertiente se realiza de manera caótica, con lo que la red de drenaje se convirtió en el colector final de las aguas residuales generadas por estas actividades, incrementándose los aportes de contaminantes de manera exponencial.

Pero no solo hay que achacar a la actividad industrial la contaminación del lago. El fuerte desarrollo urbano vinculado al desarrollo económico, la implantación de la actividad turística en el interior del humedal (por fin el Ayuntamiento pudo llevar a término su propósito) genera también un crecimiento exponencial del volumen de aguas residuales urbanas que recibe el humedal. A ello cabe añadir por último la implantación del uso intensivo de plaguicidas, derivado de la modernización de los cultivos, sobre todo del arroz.

Los niveles de contaminación del lago crecieron de forma brusca en pocos años. En el año 1979 los informes de la Comisaría de Aguas de la CHJ hablan ya de altos contenidos de materia orgánica, detergentes, plaguicidas y metales pesados como cobre, manganeso, plomo y zinc.

Por otro lado, el largamente ambicionado desarrollo turístico de la zona de la Devesa y del conjunto de la restinga tuvo su punto de inflexión en las décadas de los sesenta y setenta del siglo pasado, cuando además del Parador Nacional de Saler se construyeron otras infraestructuras hoteleras así como edificios residenciales. A ello se unió un desarrollo urbanístico, muy intenso en la parte de la restinga perteneciente al término de Sueca y en la zona sur, correspondiente al término de Cullera.

A modo de resumen de este apartado podemos concluir que el humedal de l'Albufera ha evolucionado desde la época medieval hacia una situación de mayor intervención humana, hasta el punto de que su funcionamiento hidrológico y por extensión ecológico actual no puede concebirse fuera de la gestión hidrológica derivada de la actividad agrícola. Esta intervención antrópica ha derivado a su vez en una pérdida notable en diversidad de hábitats. L'Albufera medieval comprendía un lago de mayores dimensiones, con un amplio cinturón de marjales que daba paso gradualmente a zonas de cultivo de secano moteadas de formaciones boscosas termomediterráneas, constituyendo un paisaje en mosaico de gran riqueza. En la zona de la restinga el sistema dunar y de malladas se mantendría prácticamente intacto, al tratarse de una zona que proporcionaría escasas opciones de aprovechamiento.

En opinión de Sanchis Ibor, autor del que se ha tomado la mayor parte de la reseña histórica incluida en este apartado, el dominio del cultivo arrocero ha hecho que se asuma una identificación total entre cereal y marjal, habiendo autores que identifican la antigua superficie de marjal y la actualmente ocupada por el arroz. En la actualidad, la realidad es que las zonas arroceras se comportan como un marjal artificial, con un ciclo hidrológico característico que ha condicionado las características de los suelos, resultando difícil hoy diferenciar las zonas que originariamente eran marjales de las que originariamente eran secanos y fueron transformadas.

3.3. Descripción general del ámbito de estudio.

Una descripción en profundidad de las características del sistema de l'Albufera cubriría por sí sola el alcance de una tesis doctoral como esta. No cabe por nuestra parte más que remitirse a los estudios disponibles, referidos en distintas partes de este documento. Sin embargo, sí consideramos pertinente en este estudio describir las características básicas del ámbito estudiado, como fundamento a partir del cual podamos comprender su funcionamiento y analizar sus tendencias futuras de evolución.

La Albufera de Valencia ocupa el interfluvio delimitado por el río Turia, al Norte, y Júcar, al Sur. Ambos ríos desarrollan sendos conos aluviales elevados sobre el llano costero. El espacio deprimido situado entre ellos, está cerrado por una restinga arenosa que delimita el lago por el Este.

Situada en el sector sudoriental de la Plana de Valencia, la cuenca hidrográfica queda asimismo delimitada por ambos ríos, actuando el lago como embalse natural de regulación. Esta ocupa una superficie de 917 km2 y su cabecera se sitúa en las últimas estribaciones del sistema Ibérico.

La parte alta de la cuenca, por encima de la cota media de 400 m. corresponde a las citadas zonas de relieves ibéricos. La geomorfología de la misma viene definida por territorios abruptos de naturaleza fundamentalmente forestal. En las zonas comprendidas entre las cotas 20 y 400 predomina el uso agrícola dominado por cultivos de secano (viñedo, almendros y algarrobo). Por debajo de esta cota nos encontramos en el ámbito de la llanura aluvial costera, la plana de Valencia, en la que se desarrolla una intensa actividad humana, con fuerte asentamiento urbano e industrial y una agricultura intensiva de regadío, en la que predomina el cultivo de cítricos, el arroz y los hortícolas.

La red de drenaje de la cuenca de l'Albufera la constituyen fundamentalmente seis barrancos: Barranco de Picassent con una cuenca de unos 100 km^2, Barranco Hondo (24 Km^2), Barranco de Montes (92 km^2) y sobre todo el Barranco de Torrent o Xiva, también llamado Rambla del Poyo con una cuenca de 417 km^2. Excepto el barranco del Poyo, ningún cauce natural llega al lago, la mayoría ni siquiera llega al parque y sus espacios geomorfológicos son ocupados por acequias de riego. Estas acequias engloban la escorrentía superficial, las colas de riegos y la parte de escorrentía subterránea que aflora en manantiales a ellas conectados (Marco Segura *et all*.; 1995).

Una primera diferenciación permitiría distinguir cuatro grandes ambientes en el contexto del parque: La restinga o barra litoral, el marjal, el lago y las zonas de monte; estos ambientes se pueden estructurar, a su vez, en distintos subambientes de características más homogéneas, tanto en lo relativo a su génesis como a su función ecológica en el conjunto del sistema.

La restinga es el ambiente más complejo y, a su vez, el que se halla sometido a una mayor presión de degradación. Se refiere al cordón litoral que recorre el Parque Natural de norte a sur y cuyo origen se halla en las arenas distribuidas por la corriente de deriva y que han llegado al mar, procedentes de los aportes del río Turia. Su tramo septentrional es el más interesante (Devesa de El Saler), aunque presenta algunas áreas urbanizadas y otras seriamente alteradas. Hacia el sur, se encuentra un tramo sumamente antropizado (El Perellonet, El Perelló, Les Palmeres, Mareny de Barraquetes y Mareny Blau), tanto por su uso turístico en el frente costero, como por su uso agrario intensivo hacia el interior. Finalmente, al sur de este sector se extiende, desde el Mareny de Sant Llorenç hasta el cabo de Cullera, un tramo relativamente poco alterado que todavía conserva la estructura dunar original en el sector próximo a la costa. En la restinga se pueden diferenciar cuatro subambientes:

- La Playa presenta unas características bastante uniformes a lo largo de todo el sistema, se halla constituida por arenas con bancos y lentejones ocasionales de gravas o cantos.

- El Cordón de dunas delanteras presenta, a pesar de la elevada presión humana a que se ve sometido, una morfología muy singular y de gran valor paisajístico. Este cordón dunar es el más próximo a la playa y apenas se halla fijado por la vegetación. Es el sector más afectado por la actividad turística, sobre todo en el tramo comprendido entre la Gola de El Perellonet y el Mareny Blau. La expansión de los cultivos hortícolas sobre arena también ha contribuido a la degradación de este ambiente. Destaca en este frente dunar delantero la presencia en El Perellonet de la Penyeta del Moro, duna fósil que constituye el único vestigio de la primitiva formación dunar pleistocena, y que actualmente se halla amenazada por el desarrollo urbanístico de su entorno.

- El sistema dunar interno aparece tras el primer frente dunar; más antiguo que éste, se halla totalmente colonizado por una densa vegetación de matorral y pinar. Únicamente existe representación de este cordón dunar en La Devesa y, de manera puntual, en el tramo costero del Mareny-Dosel de Cullera. Las principales alteraciones de este sistema se deben a la elevada presión de visitantes en algunos sectores y a una serie de núcleos urbanizados repartidos por diversas zonas de La Devesa, residuo del proyecto inicial de urbanización de La Devesa de El Saler.

- Las Malladas son depresiones interdunares subpalustres, de drenaje endorreico, en las que se produce un encharcamiento estacional como consecuencia de la coincidencia de las cotas topográficas y piezométricas; ello, unido a la intensa evaporación, favorece un aumento de la salinidad del agua por reconcentración. Estos singulares ecosistemas han sido muy alterados por aterramientos y drenes artificiales con objeto de sanear la zona de cara a futuras urbanizaciones. Actualmente se están recuperando algunas de ellas como la mallada del Racó de l'Olla que fue convertida en hipódromo. Las mejores representaciones de malladas se encuentran en la Devesa y en la zona postdunar del Mareny-Dosel en Cullera.

Fig. 3. Vista aérea de la restinga que cierra l'Albufera. (Foto: Benjamín Albiach).

- El cordón litoral se halla atravesado en tres puntos por las golas o canales que comunican el lago con el mar, cuya función es regular los niveles de agua en el lago mediante compuertas, según las necesidades de la pesca y del cultivo del arroz. La gola de El Perelló parece coincidir con una antigua bocana del lago, habiendo sido abiertas artificialmente la del Perellonet a principios de siglo y la de El Pujol en el año 1953.

- Las golas suponen el único medio de contacto entre el mar y el lago, lo que es fundamental para el desarrollo de especies piscícolas de importancia económica (anguila, llisa, lubina, etc.).

El marjal es el ambiente que ocupa la mayor superficie del Parque. Se halla constituido por la zona palustre que rodea el lago de l'Albufera y en él se puede distinguir, por una parte, la zona más marginal formada por limos pardos arenosos y, por otra parte, la zona más próxima al lago que se halla formada por limos negros de albufera. La mayor parte de su superficie se halla dedicada al cultivo del arroz; aunque, desde hace algunos años, se ha venido produciendo un cambio gradual en el cultivo, transformándose el arrozal en huerta mediante distintos sistemas (aterramiento, drenaje, etc.) hasta convertirse, finalmente, en naranjal. En este ambiente también hay que destacar zonas de agua libre como son las acequias y canales, y los ullals.

Fig. 4. El arrozal ocupa hoy las zonas de marjal en el entorno del lago de l'Albufera. (Foto: Benjamín Albiach).

Además del uso agrario, el marjal se ha visto progresivamente invadido por diversas instalaciones no relacionadas con la actividad agrícola y cuyo impacto es sumamente negativo en el ecosistema, tanto en el aspecto paisajístico como ecológico; entre ellas

cabe citar fábricas, almacenes industriales, instalaciones deportivas o de ocio, vertederos de escombros y basuras, etc.

En el marjal se pueden diferenciar tres grandes subambientes:

- El arrozal ocupa la mayor extensión del Parque con cerca de 15.000 hectáreas y en él se pueden distinguir dos sectores. Por una parte, el arrozal afectado por el nivel del lago (tancats), en el que la inundación de los campos depende del nivel de éste; son, por tanto, los arrozales del entorno de l'Albufera y vienen a coincidir con la superficie ganada al lago para su uso agrícola. Por otra parte, el arrozal de tierras altas circunda el sector anterior, su inundación se realiza con agua procedente de los ríos Turia y Xúquer o con agua del lago elevada mediante motores; éste es el sector más amenazado por las transformaciones en cultivos de huerta.

- La huerta se extiende fundamentalmente circundando al arrozal, y ocupa las antiguas zonas de éste que han sido transformadas en cultivos hortícolas; ello ha motivado una modificación sustancial de su estructura con consecuencias ecológicas negativas.

- Las acequias y ullals son áreas de agua libre situadas en el marjal. Las acequias constituyen un denso entramado que permiten la distribución del agua en los campos. Estas acequias proceden, fundamentalmente, de los aportes del río Xúquer (Acequia Real del Xúquer) y del río Turia (Acequia de Favara), aunque algunas de ellas tienen su origen en los drenajes de los campos de cultivo (escorredors) o en ullals existentes en el marjal.

- Los ullals son surgencias de agua subterránea, consecuencia del ascenso del flujo de agua dulce a lo largo de la superficie de interfase agua dulce-salada, al actuar el agua salada y salmueras del subsuelo como barrera impermeable para el acuífero. La mayor parte de los situados en el entorno del lago han desaparecido por aterramiento y puesta en cultivo de los terrenos.

El lago cuenta con una superficie de 2.837 hectáreas, de las que 350 corresponden a las matas y orilla; su importancia es incuestionable dentro del sistema de la cuenca de la zona húmeda, tanto por su significado en la regulación del flujo hídrico en el arrozal como por su valor ecológico y paisajístico. Este es el núcleo en torno al cual se estructura este ecosistema. El principal problema de este espacio es el elevado grado de contaminación que presenta y que ha alterado considerablemente su equilibrio ecológico.

Las matas son acumulaciones de vegetación palustre flotantes en el interior del lago y en algunos sectores de sus márgenes. Su importancia como lugar de refugio y cría para la fauna es extraordinaria; sin embargo, la contaminación del agua del lago ha afectado a la vegetación que mantiene a las matas sujetas al fondo, disminuyendo su capacidad de regeneración y quedando a merced del oleaje que las ha ido socavando por su base.

Fig. 5. Vista del lago de l'Albufera. (Foto: Benjamín Albiach).

La orilla del lago o franja de vegetación palustre que rodea al lago también tiene gran importancia por servir como zona de cría y refugio para la fauna, cumpliendo, además, otras funciones esenciales para el ecosistema ya que, por una parte constituye un filtro para las aguas que llegan desde los arrozales y, por otra parte, es una pantalla de protección del lago. El problema con que se enfrenta la orilla es similar al de las matas, la contaminación del agua, unida a los herbicidas que proceden de los cultivos circundantes, impide el desarrollo normal de la vegetación.

Además del lago de l'Albufera, el Parque Natural cuenta con otra pequeña laguna, la Bassa de Sant Llorenç, situada en el extremo meridional del Parque. Su origen puede hallarse en el cierre de una pequeña albufera por la misma restinga que aisló a l'Albufera de Valencia, siendo alimentada con las aguas subterráneas de los relieves calcáreos que la circundan. A pesar de que el proceso natural de colmatación se ha reducido, en los últimos tiempos está disminuyendo su superficie por aterramiento artificial a fin de aumentar el terreno dedicado al cultivo de huerta.

Los relieves se hallan escasamente representados en l'Albufera, únicamente cabe resaltar los relieves de origen cretácico situados en el término de Cullera (El Cabeçol y la Muntanya de Les Raboses) y en el término de Sueca (Muntanyeta dels Sants).

La Muntanyeta dels Sants es un pequeño afloramiento de dolomías cretácicas que constituye la única cota importante en el arrozal. Su importancia paisajística es, pues,

indudable; además de levantarse en ella la ermita deis Sants de la Pedra, construida en el siglo XVII.

La Serra de Les Raboses representa una de las últimas estribaciones montañosas de orientación ibérica; estas calizas cretácicas, con una altura máxima de 233 metros, limitan con el mar en el Cap de Cullera. Al norte de esta pequeña sierra y separado de ésta por la Bassa de Sant Llorenc, se halla el Monte del Cabeçol que, con una altura máxima de 60 metros permite una excepcional visión del arrozal; este monte se halla fuertemente degradado a causa de la existencia de instalaciones deportivas, canteras abandonadas que eran clandestinamente utilizadas como vertedero y, especialmente, el campo de tiro de la Sociedad de Cazadores de Cullera, ubicado en las proximidades de la cima.

El siguiente perfil topográfico muestra la configuración del terreno en un transecto este oeste que va desde la costa hasta el límite del parque natural. Cabe tener en cuenta que la cubeta del lago con profundidad uniforme es un artefacto fruto de considerar una profundidad constante de 1,5 para toda su superficie.

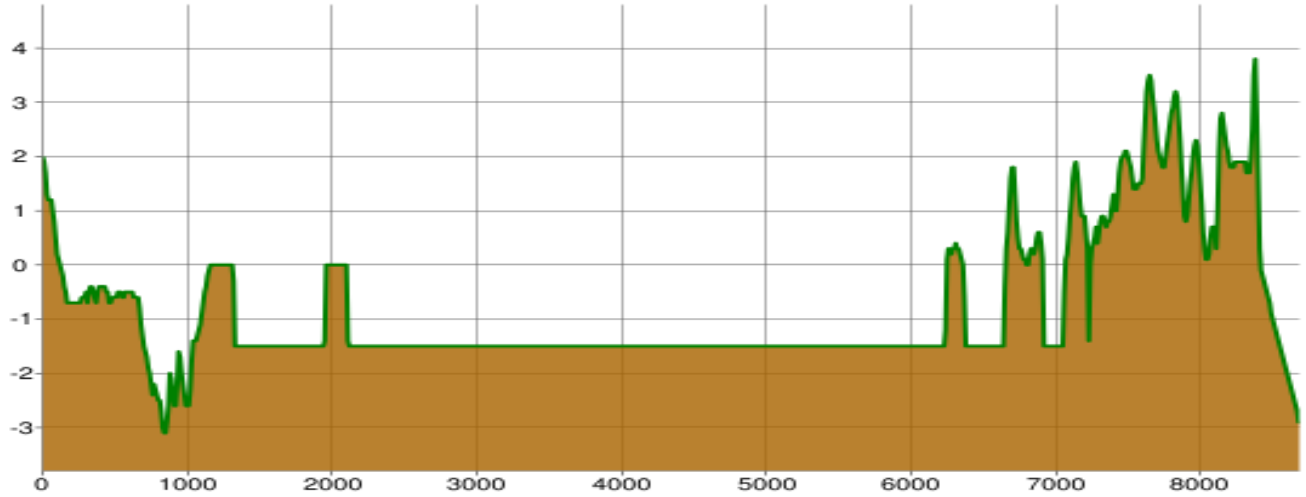


Fig. 6. Perfil topográfico de un transecto este-oeste de la zona central del lago de l'Albufera.

Un transecto dirección norte-sur desde Catarroja hasta Cullera, atravesando la zona del lago muestra la siguiente configuración.

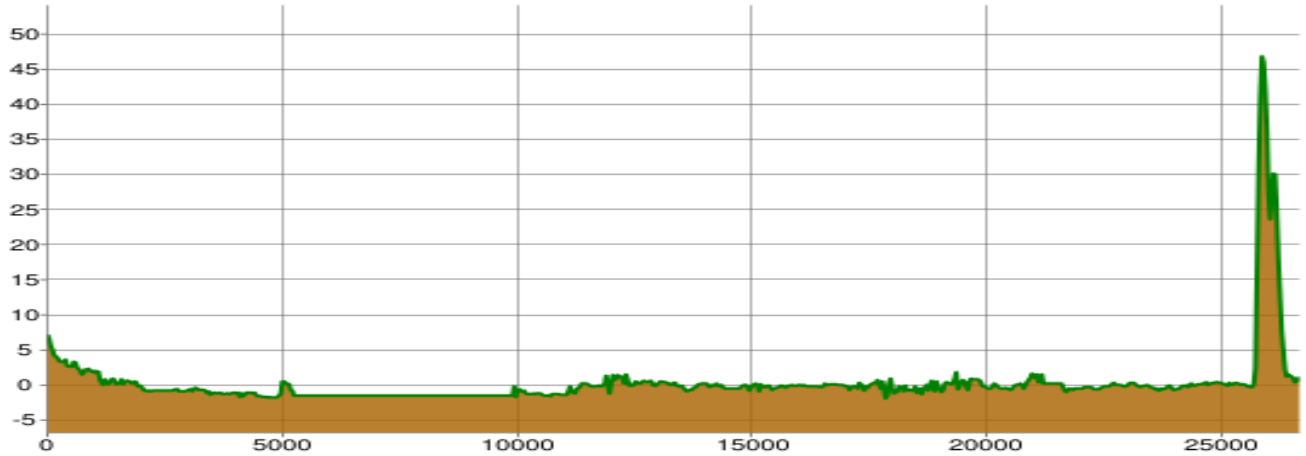


Fig. 7. Perfil topográfico de un transecto longitudinal entre las localidades de Catarroja y Cullera.

Cabe tener en cuenta que la escala es aquí obviamente menor, pero en todo caso muestra una geomorfología básicamente llana con pocas diferencias de altitud en la mayor parte del ámbito considerado. El pico que se observa corresponde a las estribaciones de la Serra de les Raboses.

4. Metodología.

Describiremos en este apartado la metodología empleada para el desarrollo del presente estudio. El carácter teórico de éste conlleva que esté basado fundamentalmente en el análisis de la información disponible, a través de las necesarias búsquedas y consultas bibliográficas. Resulta sin embargo destacable el uso de la metodología de escenarios aplicada a la proyección de la evolución de un sistema natural como es el del humedal de l'Albufera de Valencia, por lo que se describen en este apartado los fundamentos de esta metodología.

4.1. Fundamentos generales.

La metodología empleada se basa en las siguientes líneas básicas de trabajo:

- Recopilación de información bibliográfica de diversas fuentes sobre los distintos aspectos ambientales y socioeconómicos que afectan al ámbito de estudio. Se hace especial hincapié en aquellos factores de cambio fundamentales, como los procesos de cambio climático global.

- Tratamiento de la información recopilada, estructurándola de modo que resulte útil para realizar un diagnóstico integral de la situación del sistema en la actualidad y de sus tendencias de evolución en el futuro inmediato.

- Sobre la base del diagnóstico realizado y del análisis de tendencias, utilizando la metodología de escenarios, se construirán tres alternativas de evolución futura para el sistema.

- Para cada una de las alternativas de futuro se analizan sus repercusiones y se proponen políticas de gestión para afrontar sus consecuencias, optimizando en lo posible el funcionamiento ecológico del sistema ante las nuevas condiciones de contorno.

Constituye este por tanto, como se ha indicado un estudio enteramente teórico, que no desarrolla procedimientos experimentales en ninguna fase del mismo, basando su resultado en el análisis y valoración de la información disponible respecto del sistema objeto de estudio.

Respecto a la metodología empleada, consideramos conveniente describir en mayor profundidad las técncias de construcción y análisis de escenarios al ser menos usual y constituir su uso en este estudio un elemento básico.

4.2. Principios básicos de la metodología de construcción de escenarios en el ámbito de la conservación de espacios naturales.

Las decisiones de gestión en la conservación de espacios naturales sobre cómo, cuándo y dónde actuar, por lo general, se basan en expectativas para el futuro. Sin embargo, cuando el mundo es altamente impredecible y tenemos un espectro limitado de expectativas, éstas frecuentemente acaban siendo equivocadas. La planificación de escenarios ofrece un marco de trabajo para el desarrollo de políticas de conservación más resistentes cuando enfrentan a la incertidumbre incontrolable e irreductible (Peterson, G.D. *et all*.; 2003).

Un escenario, en este contexto, es el relato de un futuro plausible. La planificación del escenario consiste en usar algunos escenarios contrastantes para explorar la incertidumbre que rodea las consecuencias futuras de una decisión. Idealmente, los escenarios deberán ser construidos por un grupo diverso de personas con un propósito único y declarado. La planificación del escenario puede incorporar una diversidad de información cuantitativa y cualitativa en el proceso de toma de decisiones. A menudo, tomar en cuenta esta información diversa en forma sistémica puede llevar a mejores decisiones.

El desarrollo de los escenarios es seguido de una evaluación de sus efectos potenciales en un recurso concreto o decisión. La identificación de respuestas bajo cada escenario, focalizando sobre aquellos que muestran una mayor robustez. Los escenarios no son necesariamente predicciones o pronósticos del futuro, son alternativas plausibles de lo que puede suceder, no necesariamente asociadas a grados de probabilidad (Rowland, E. *et all*.; 2014).

Para la conservación, los mayores beneficios de usar la planificación de escenarios son:

- Un mayor conocimiento de las incertidumbres de importancia clave.
- La incorporación de perspectivas alternativas en la planificación de la conservación.
- Mayor resistencia de las decisiones a situaciones imprevistas.

Esta metodología ha sido muy utilizada en el caso de las proyecciones de incidencia de los procesos de cambio climático en los ecosistemas.

El término ‘Escenario’ proviene del arte dramático y se refiere a un espacio o a un conjunto de directivas para la secuencia de una acción. Se puede comparar un escenario con un guión cinematográfico, porque se formulan ideas y desarrollan los caracteres, que son los bloques de construcción de escenarios.

En la década de los 50 del siglo pasado, Herman Kahn, de Rand Corporation, que se ocupaba de estudios militares y estratégicos, introdujo el término escenarios en las técnicas de planeamiento. Diez años después lo popularizó como director del Hudson Institute y en 1967 con Anthony Weiner lo plasmó en el libro ‘Toward the year 2000’.

Es un ejemplo paradigmático en la utilización de estas técnicas el caso de la compañía petrolera Shell que utilizó escenarios antes de la crisis petrolera del año 1973 y el método resultó de gran utilidad, al anticiparse al crecimiento y posterior caída de los precios del petróleo. Volvió a demostrar su utilidad a mediados de los ’80 cuando analizó el futuro de la Unión Soviética, con quien competía en la provisión de gas al mercado europeo.

La utilización de la técnica de escenarios, que fue la primera herramienta que adoptó Shell en su indagación de los modelos mentales, obliga a los gestores a reflexionar acerca de cómo administrarían sus recursos en diversas circunstancias futuras. Esto altera completamente la generalizada tendencia de suponer, un futuro simple. Cuando los grupos de gestores se detienen a analizar una gama de futuros alternativos, se vuelven mucho

más sensibles a los cambios que se pueden producir en su ámbito de gestión y por supuesto, están en condiciones de responder de mejor forma a dichos cambios.

Los escenarios constituyen así descripciones exploratorias y provisionales de un futuro probable, o según la definición de uno de los cultivadores más conocidos de esta técnica serían “secuencias hipotéticas de eventos articulados, con el designio de concentrar la atención en procesos causales y en desenlaces factibles".

Vinculando las ideas de escenario y ámbito, podría decirse que “un escenario es un conjunto de circunstancias que pueden producirse en un determinado ámbito, dentro del cual operan actores e intereses que se deben analizar con coherencia y unidad de criterio”.

Lo anteriormente expuesto se enmarcaría en el campo genérico de las técnicas de creación de escenarios, vinculadas mayormente a su utilización en los procesos de toma de decisión en empresas y organizaciones.

Sin embargo en el campo de la gestión del medio natural ha ido tomando forma la aplicación de estas técnicas como herramientas que permiten anticipar el estado futuro de determinados sistemas, con objeto de planificar una mejor gestión de los mismos.

Así la Agencia Europea de Medio Ambiente en uno de sus reportes técnicos (EEA; 2009), describe la técnica de los escenarios de futuro como una potente herramienta para los planificadores y personal directivo, que permite afrontar situaciones de incertidumbre con mayor garantía de éxito a la hora de tomar las decisiones adecuadas. Los escenarios no están pensados para predecir lo que pasará en el futuro, pero sí para saber lo que puede pasar.

Un escenario, según este mismo documento, puede ser definido como una representación consistente y plausible de una posible realidad futura que aporta información sobre los principales aspectos de un proceso de toma de decisiones.

Yendo un poco más allá, algunos autores hablarían ya de prospectiva estratégica, en la que sobre la base de la información ofrecida por los escenarios construidos puede articularse una estrategia de actuación cara al futuro. Resumiendo, podríamos reducir el proceso a cuatro preguntas fundamentales que serían: ¿Qué puede ocurrir?; ¿Qué podemos hacer?; ¿Qué vamos a hacer?; ¿Cómo vamos a hacerlo?

La prospectiva se centra sobre la pregunta ¿Qué puede ocurrir? Se convierte en estratégica cuando una organización se interroga sobre el ¿Qué podemos hacer? Una vez ambas cuestiones hayan sido tratadas, la estrategia parte del ¿Qué podemos hacer? para plantearse las otras dos cuestiones: ¿Qué vamos a hacer? y ¿Cómo vamos a hacerlo? De ahí se deduce la imbricación que existe entre la prospectiva y la estrategia. Naturalmente, existen ejercicios de prospectiva general que no tienen un claro carácter estratégico para un determinado actor, así como análisis estratégicos de organizaciones o sectores cuya componente prospectiva es embrionaria por no decir inexistente. Se reservaría la expresión prospectiva estratégica a los ejercicios de prospectiva que tengan ambiciones y persigan fines estratégicos para el actor que los emprende.

En otra variante de definición un escenario es un conjunto formado por la descripción de una situación futura y un camino de acontecimientos que permiten pasar de una situación

original a otra futura. La palabra escenario es utilizada abusivamente para calificar cualquier combinación de hipótesis. Las hipótesis de un escenario deben cumplir simultáneamente cinco condiciones: pertinencia, coherencia, verosimilitud, importancia y transparencia.

Se distinguen así dos grandes tipos de escenarios:

-Exploratorios: partiendo de las tendencias pasadas y presentes, conducen a futuros verosímiles.

-Anticipativos o normativos: construidos a partir de imágenes alternativas del futuro, podrán ser deseables o por el contrario rechazables. Son concebidos de forma retroproyectiva.

Estos escenarios exploratorios o de anticipación puede también, según si tienen en cuenta las evoluciones más probables o más extremas, ser tendenciales o contrastados.

Fases en la construcción y análisis de escenarios.

Para la construcción de escenarios se siguen etapas que los diversos autores denominan en forma distinta (National Park Service; 2013), (Wiseman, J. *et all*.; 2013), a pesar que resumen secuencias similares.

A modo de síntesis se podrían ordenar en cinco etapas:

1. Definición precisa del tema de estudio, espacio de escenario o campo de interés.

2. Identificación de las variables clave o dimensiones que lo definen.

3. Construcción y refinado de los escenarios.

4. Diseño de un escenario probable o “tendencial”.

5. Diseño de escenarios alternativos al tendencial.

A los efectos de ordenar la secuencia de estos pasos a seguir para la construcción de escenarios, se puede sintetizar en tres fases: preparación, desarrollo y utilización. La fase de preparación incluye el análisis de la situación actual. En la fase de desarrollo se analizan los futuros posibles a través de distintas técnicas que pueden incluir la opinión de expertos y finalmente es en la fase de utilización donde se incluyen las recomendaciones de gestión.

4.3. Factores considerados para la construcción de escenarios de futuro en el sistema de l’Albufera.

Aplicando la metodología descrita anteriormente se pretende construir escenarios de futuro para el humedal de l’Albufera a medio plazo. Se pretende con ello ofrecer un abanico de posibilidades de evolución del sistema en un horizonte temporal que correspondería año 2050. Con ello se pretende disponer de una herramienta útil en la planificación las políticas

de gestión que permitan mantener o incluso mejorar el estado de conservación de este valioso espacio natural.

La elección de las variables fundamentales.

Como ya se ha expuesto al hacer referencia a la metodología de construcción de escenarios, la fase crítica de esta técnica la constituye la elección de las variables que determinarán la evolución del sistema en el horizonte temporal definido.

Asimismo, una vez elegidas dichas variables, se deben jerarquizar en función de su importancia como factor de cambio en el proceso.

A su vez, se establecen y analizan las interrelaciones que puedan existir entre las distintas variables.

En nuestro caso elegimos, tras una extensa recopilación y análisis de la bibliografía consultada sobre la evolución histórica y la situación actual del sistema, las siguientes variables.

- Variables conductoras del cambio.

    - Clima.

Lo consideramos la variable determinante para el análisis de la evolución del sistema y la construcción de los escenarios derivados. Influye en la mayor parte del resto de factores que determinan la evolución del sistema. Los procesos de cambio climático constituyen el principal factor de incertidumbre en el proceso de evolución del sistema, puesto que determinará de forma dramática su evolución. La evolución del clima determinará el nivel del mar, que establece a su vez la cota base del sistema, la disponibilidad de recursos hídricos, que es la variable fundamental de un humedal, así como también el uso agrícola del mismo, puesto que determinará la tipología de los cultivos viables.

- Variables subordinadas determinantes.

    - Nivel del mar.

La variación del nivel del mar es una variable directamente vinculada con el cambio climático y condiciona el funcionamiento del sistema, al determinar el nivel de cota base del sistema y consecuentemente el funcionamiento hidrológico del mismo. También determina la configuración de la línea de costa, afectando a ecosistemas de alto valor para la conservación como los dunares.

    - Recursos hídricos.

Variable subordinada al clima básicamente, aunque también influida por el nivel del mar y por la actividad humana, ya que al ser l'Albufera un sistema eminentemente antrópico, el funcionamiento hidrológico se halla estrictamente condicionado por el manejo de los sistemas de riego y es afectado por la actividad industrial y urbana a través de los vertidos de aguas residuales. Se trata de una variable fundamental a la hora de analizar la evolución y viabilidad de un humedal.

- Actividad agrícola.

Hemos incluido aquí la actividad agrícola por su carácter dual, ya que aunque se trata de una variable muy subordinada a las anteriores, tiene gran importancia en el sistema analizado, puesto que el manejo agrícola del mismo determina a su vez su funcionamiento. Se trata así de una variable de a la que podemos atribuir un carácter mixto, pues aunque depende, como se ha dicho estrictamente de las variables anteriores y se ve condicionada, como se mostrará, por estas, tiene a su vez la capacidad de influir en aquellas, a través de la capacidad de manejo que proporcionan las infraestructuras hidráulicas instaladas.

- Variables socioeconómicas.

Hemos desglosado de este factor la actividad agrícola que, por definición, debería hallarse integrada en el mismo, dada su importancia como aspecto determinante de la configuración del actual sistema del humedal.

En consecuencia consideraríamos dentro de este epígrafe las siguientes variables:

- Demografía.

Aunque ya no constituiría, como antaño, un factor determinante en la evolución del humedal, dado que ya no existe una dependencia tan directa de la población respecto a los recursos alimentarios proporcionados por el sistema y, por tanto, no existiría una relación directa con la actividad agraria desarrollada en este, sigue constituyendo un factor importante a considerar en cuanto a otras vertientes relacionadas con su presión sobre el territorio en relación con la actividad urbanística y las actividades turístico-recreativas.

- Régimen de ocupación del territorio.

Este factor, vinculado con el anteriormente expuesto, constituye un elemento a considerar en tanto en cuanto se traduce en un deterioro prácticamente irreversible del humedal en tanto que detrae áreas territoriales de este para convertirla en suelo urbano y perdiendo por tanto su funcionalidad, además de los impactos derivaos de la actividad humana vinculada a estas áreas.

- Actividad industrial.

La actividad industrial en el entorno del humedal de l’Albufera ha constituido, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX, un factor determinante en la evolución del estado de este. Aunque esta actividad en su mayor parte no se desarrolla mayoritariamente en el propio ámbito del humedal, sí tiene un marcado impacto negativo en este, derivado fundamentalmente de los vertidos contaminantes sin tratar a la cuenca vertiente del humedal. Este factor por tanto tiene importancia directa al afectar los niveles de calidad de los recursos hídricos del humedal, por lo que su evolución debe tenerse en cuenta en la construcción de los escenarios de futuro del sistema de l’Albufera.

- Actividades terciarias.

Englobaremos en este epígrafe las actividades relativas al uso turístico recreativo del humedal, ya que este constituye un factor de impacto de gran importancia. L'Albufera constituye un espacio de aprovechamiento recreativo intensivo por parte de la población habitante de las densas conurbaciones humanas existentes en su entorno. Una parte de este uso está vinculado al disfrute de los valores naturales del sistema pero el resto es prácticamente ajeno y se relaciona con el uso turístico de los ambientes de playa existentes en el ámbito del espacio.

Un tercer factor a considerar y que tiene una importancia remarcable es el de la actividad cinegética, que constituye una de las actividades humanas de mayor arraigo en el humedal, pudiendo decirse, como se ha descrito en el apartado de este documento relativo a la evolución histórica del humedal, que constituyó durante mucho tiempo la actividad primordial desarrollada en éste. Posteriormente fue siendo desplazada en importancia por la actividad agrícola pero la caza ha seguido constituyendo un factor determinante en la gestión y configuración de este sistema

En apartados anteriores de este documento se ha hecho una síntesis de la evolución histórica del sistema y de la situación actual de cada una de las variables base considerada. Sobre esta información previamente expuesta se procede a la construcción de los escenarios de futuro.

- Variables objetivo o diana.

    - Comunidades biológicas.

Consideramos en este parámetro la situación de las especies y comunidades que integran la biota del sistema de l'Albufera, a partir del diagnóstico de situación realizado se proyecta la posible evolución de este parámetro, al que consideramos como variable dependiente del resto de las consideradas en este documento. Resulta un parámetro también básico, puesto que la gestión del sistema de l'Albufera se orienta precisamente a la protección y mejora de estas comunidades biológicas. La valoración de la posible situación de la comunidad biológica se constituye así en el núcleo fundamental de la tarea de construcción de los escenarios de futuro y su objetivo fundamental.

Interrelaciones entre variables.

Es evidente que entre las variables elegidas se producen múltiples interacciones, pues la relación no es unívoca, sino que pueden presentar interacciones mutuas y entre varias de ellas a la vez, lo que hace más complejo el análisis. En el siguiente gráfico se muestran algunas de las interacciones entre dichas variables, aun sin ser exhaustivas.

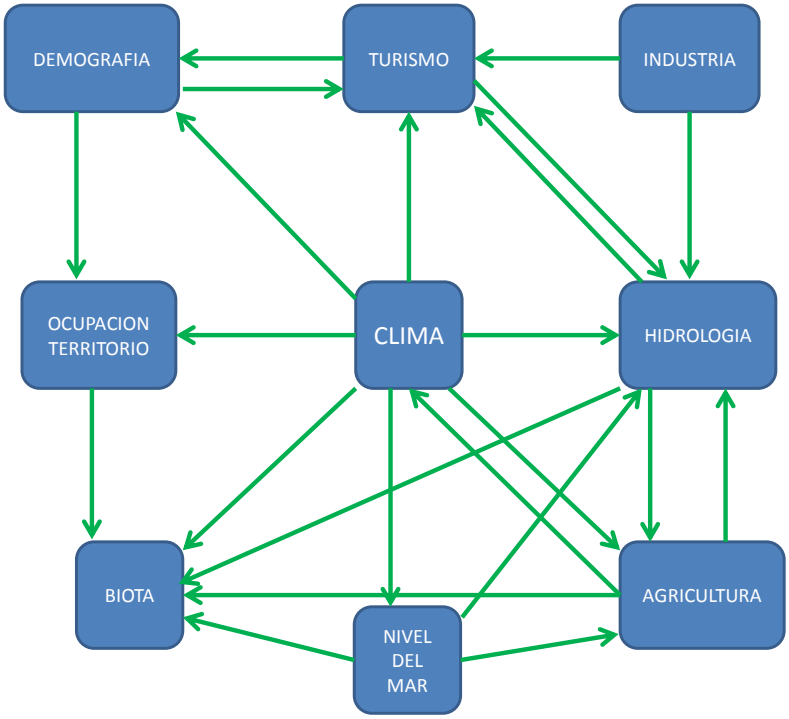


Fig. 8. Interacciones entre las variables que definen los escenarios. Elaboración propia.

Se puede apreciar cómo se producen influencias mutuas entre diversos parámetros; creándose bucles de retroalimentación que complican el análisis independiente de los factores.

Marco institucional.

Aunque no la consideraremos en este estudio una variable en sí misma, pues se trata de un factor complejo, del que resulta difícil prever su evolución futura y que a la vez influye de forma determinante en las variables socioeconómicas consideradas, hay que hacer mención de las políticas institucionales como un elemento decisivo en la conformación de la evolución de estas variables. De la propia orientación política de la administración y de su sesgo ideológico depende en gran medida la orientación de sus políticas de gestión. Este sesgo, que por ejemplo podemos simplificar en una actitud más o menos intervencionista en el campo de la actividad económica y de la gestión ambiental tiene una marcada influencia en la evolución de las variables consideradas en este estudio. No obstante, en el análisis realizado de cada una de ellas, se incorporan valoraciones de la posible influencia en las mismas de las políticas públicas, por lo que nos remitimos a los correspondientes apartados de este documento para su análisis.

Elección del horizonte temporal.

Se elige como horizonte temporal el correspondiente al año 2050. Este será el marco temporal sobre el cual se articularán las previsiones de evolución del sistema.

El fundamento de esta elección se vincula por una parte a los horizontes temporales adoptados por las previsiones elaboradas por distintas instituciones respeto de la evolución de los procesos de cambio climático. Por otra parte, se trata de un horizonte representativo

de hitos temporales fácilmente asumibles e ilustrativos de plazos estándar en la evolución de los sistemas sociales, lo que permite incorporar la evolución de estos factores a las previsiones.

En realidad el cambio climático en su variabilidad natural no debería ser un factor a tener en cuenta en un horizonte temporal tan corto como el considerado, pero las características de los procesos de cambio climático que se desarrollan en la actualidad que, condicionados por la influencia antrópica, se produce a una velocidad muy superior a la que tendría en su evolución natural, hacen que este horizonte temporal resulte ya significativo, en cuanto a que se podrán ya apreciar cambios sustanciales en el sistema, que obligarán a adoptar medidas de gestión adaptativa adecuadas para dar respuesta a los mismos.

El objetivo pues de estos escenarios es proporcionar una herramienta útil para anticipar los efectos en el ecosistema de l'Albufera de los procesos de cambio climático. Ello permitirá la adopción de políticas de gestión adaptativa adecuadas, que permitan minimizar los riesgos ambientales, crear capacidad adaptativa y mejorar su resiliencia (Rowland, E. *et all*.; 2014).

Así el objetivo de las estrategias de gestión que se proponen para cada escenario es conducir la adaptación del sistema de l'Albufera a las nuevas condiciones ambientales derivadas del cambio climático. Es por tanto una estrategia de gestión adaptativa, no estática y, por tanto, no tiene como objeto mantener a toda costa el sistema en las condiciones actuales, que, por otra parte, tampoco resultan las más deseables. Tampoco consideramos en este planteamiento la opción de revertir su estado a un hipotético estado natural primigenio, pues en las condiciones actuales del sistema lo consideramos inviable. Se trataría, en definitiva de conducir el sistema, en su evolución forzada por el cambio de las condiciones ambientales, hacia un nuevo equilibrio que maximice sus valores ecológicos y sociales.

5. Diagnóstico y análisis de las tendencias de evolución de las variables fundamentales.

5.1. Hidrología.

5.1.1. Aproximación al régimen hidrológico general de L'Albufera.

El agua define los ecosistemas palustres. Su presencia individualiza los humedales respecto de otros ecosistemas y a la vez deviene el principal factor que controla su funcionamiento y su dinámica evolutiva. Pequeñas oscilaciones en el nivel freático son capaces de causar significativas variaciones horizontales en la estructura del ecosistema, pudiéndose hablar, en este caso, de verdaderos ecosistemas fluctuantes. Por este motivo, el estudio del balance hídrico de un humedal constituye un paso imprescindible para conocer su dinámica evolutiva.

Siguiendo a Marco Segura *et all*. (Marco Segura *et all*.; comunicación personal), estudio que seguiremos a la hora de analizar los balances hídricos del lago, puede decirse que la Albufera ocupa una posición sobre la gran llanura aluvial costera de Valencia, central al sistema de recursos hídricos de los ríos Turia y Júcar. Desde hace 7 siglos recibe el aporte de recursos de ambos ríos a través de un sistema de regadíos con aguas superficiales muy complejo por su antigüedad y extensión, que ya se ha descrito en la reseña histórica de este documento. El sistema natural de la Albufera, que abarca un ámbito territorial mucho mayor que el propio lago, se halla sobre un acuífero muy potente, y además posee una cuenca propia de una cierta extensión, 967 km^2 aunque de carácter muy torrencial y escasos recursos superficiales. Este acuífero, a efectos administrativos está dividido en dos, Plana Norte (Acuífero 8.25) y Plana Sur (Acuífero 8.26). En realidad se trata de un acuífero único, aunque el lago, al imponer un nivel más o menos constante tierra adentro, anula los flujos entre ambos, de ahí que puedan analizarse por separado.

En un régimen natural, el Parque y lago de la Albufera recibirían tan sólo los recursos de su cuenca propia superficial y subterránea, ya que son diferentes, así como las filtraciones del tramo bajo del Júcar que discurre sobre elevado sobre el humedal. La escorrentía superficial es muy reducida porque se trata de una cuenca mediterránea muy llana y permeable, de modo que sólo se produce con ocasión de lluvias excepcionales. El aporte principal natural correspondería a la descarga hacia el lago de los acuíferos 25 y 26. También es importante la lluvia sobre el propio lago y los humedales, hoy arrozales, de su entorno que totalizan cerca de 10.000 ha. en las que el nivel freático se halla en la superficie y la escorrentía es total.

En razón a un aporte natural de agua dulce relativamente escaso y a disponer de salida abierta al mar, la Albufera, en origen, era un lago de agua relativamente salobre, sujeta a alternancias. Sin embargo, como se expone en el apartado de este documento dedicado al análisis de la evolución ambiental del sistema, está históricamente determinado que las aguas del lago pasan a ser de agua dulce a partir de principios del siglo XVII, como consecuencia del proceso de construcción de regadíos en su entorno con aguas de los ríos Júcar y Turia. Este proceso de aporte de agua dulce culmina a principios del siglo XX. En dicho momento comienza la explotación del acuífero y el desarrollo de regadíos con aguas subterráneas.

El desarrollo de regadíos en las cuencas altas y medias de los ríos Júcar y Turia durante el último tercio del siglo XX, ha reducido considerablemente la dotación de los regadíos del entorno de la Albufera, y ha supuesto una reducción radical en el retorno de riegos, que hasta entonces era y, aún hoy es, la principal fuente de alimentación del sistema. Al mismo tiempo se ha producido un incremento en el aporte de aguas residuales, depuradas y sin depurar, procedentes del sistema urbano y con este, una notable carga contaminante que ha deteriorado en gran medida los niveles de calidad de agua del sistema.

Consecuencia de este proceso, la Albufera actual es un sistema hídrico cuyo aporte es fundamentalmente artificial, vinculado al regadío histórico. El carácter secular de estos riegos, anterior a la memoria de muchas generaciones, le da su valor ambiental, pero no se debe ignorar que como sistema hídrico, la Albufera actual es, fundamentalmente, una creación antrópica. Se convierte así l'Albufera en un caso paradigmático de impacto del regadío sobre un ecosistema palustre.

El sistema de recursos hídricos que alimenta a la Albufera, a consecuencia de su vinculación esencial con los regadíos, incluiría, además de su cuenca propia, todas las cuencas de los ríos Júcar y Turia, con sus afluentes. A efectos prácticos, ambos ríos tienen sendos puntos de control respectivamente en la presa de Tous y en la toma de aguas potables de Manises, de modo que el sistema aguas arriba de estos dos puntos se puede condensar en su aporte real. Se considerará el sistema de la Albufera a partir de dichos dos puntos de control hasta el mar.

El sistema es extraordinariamente complejo. Los regadíos que comprende y que en mayor o menor medida afectan a la evaluación de los aportes, tienen una extensión de 85.800 ha, con no menos de 25 unidades diferentes de gestión.

A esta dificultad se añaden las características propias del cultivo del arrozal. El arroz es un cultivo acuático, que durante su ciclo de 4 meses permanece permanentemente inundado, con agua circulante, a lo cual se añaden 4 meses más de inundación invernal, separados por dos períodos de desecación. Hay dos tipos de arrozal en la Albufera, los que están por debajo de la cota de máxima inundación de la Albufera, que tienen dos períodos de inundación al año, y los que están por encima, que sólo tienen uno. Los primeros totalizan 5.300 ha. y los segundos 8.600 ha. En los primeros, que reciben la denominación genérica de "tancats", la superficie del terreno está por debajo del nivel del lago, ya que son terrenos ganados al mismo y separados por diques. La evacuación del agua se realiza por bombeo al lago, y la mayor parte de ellos pueden tomarla directamente de él, circulando por lo tanto el agua en estos en circuito cerrado.

Fig. 9. Acequia de riego en el ámbito de l'Albufera. (Foto: Benjamín Albiach).

A esta complejidad del sistema de riegos, se añade el hecho de que la red de aforos disponible es muy incompleta y de escasa duración en sus registros. Baste decir que hasta el año 2006, no han existido aforos en ninguna de las golas de salida del sistema al mar. No hay aforos en cola del embalse de Tous y los aforos de salida son defectuosos en un 40% de su corta serie. La principal acequia que aporta aguas desde el Turia, la acequia de Favara, no está aforada y por lo que respecta a las acequias del Júcar, si exceptuamos la Acequia Real, se dispone de mediciones a partir de 1988. No hay ningún aforo intermedio, ni siquiera en la acequia Real del Júcar entre sus dos secciones, siendo este un dato crucial ya que los retornos de riegos de la primera sección vuelven al Júcar y los de la segunda, a la Albufera.

Por todas estas razones, establecer el aporte de recursos al lago, tanto en valores medios como en reconstrucción histórica, es un trabajo extraordinariamente complejo, ya que ha de realizarse a través de diversas evaluaciones indirectas. Hoy sigue siendo una cuestión controvertida a pesar de los muchos trabajos desarrollados sobre todo a través del Plan Hidrológico Nacional.

5.1.2. Estudios y modelizaciones disponibles.

Existen a pesar de los aspectos comentados en el apartado anterior varios intentos de estimar los aportes hídricos al sistema de l'Albufera, así como, ya más recientemente, la

aplicación de las nuevas tecnologías de la información ha permitido acometer procesos de modelización del funcionamiento hidrológico integral del sistema.

De hecho el régimen hidrológico de la Albufera ha sido objeto de estudio desde épocas tempranas de la historia. El manejo del sistema con fines productivos exigía un profundo conocimiento de su funcionamiento hidráulico, con objeto de optimizar el aprovechamiento del recurso, siempre escaso. Sin embargo, en el mejor de los casos, dichos estudios no eran más que balances teóricos, con un mayor o menor grado de finura en su cálculo, adoleciendo de la falta de medidas y aforos de caudales que permitieran estimar un cálculo real de los recursos y flujos del sistema.

En años recientes se han llevado a cabo, como decíamos, estudios con un mayor grado de detalle, que aunque siguen adoleciendo de la misma carencia de mediciones y aforos reales, constituyen intentos más serios de establecer las características del sistema.

Reseñaremos aquí algunos de los estudios más interesantes de los realizados hasta la fecha.

En 1982 Alonso Pascual (Alonso Pascual, J.J.; 1982), estimaba mediante cálculos indirectos en 97 Hm^3 el caudal útil aportado a l'Albufera por su cuenca, indicando que esta aportación se presentan preferentemente en forma de avenidas, con los consiguientes aportes de limos y arrastres, siendo estos aportes irregulares en el tiempo y produciéndose principalmente en los meses otoñales. Es esta una estimación realizada a partir de extrapolaciones teóricas, sin ninguna medición concreta que la sostenga.

J.M. Soria y E. Vicente (Soria, J.M., Vicente, E.; 2002) estimaron los aportes hídricos a la l'Albufera a partir de datos bibliográficos y mediciones realizadas en 1988 mediante aforos en distintos cauces y acequias. Estimaron los aportes al sistema provenientes principalmente de cuatro orígenes: escorrentías superficiales naturales, aportes subterráneos, aguas residuales y sobrantes de riego.

Los aportes totales al sistema de l'Albufera los estimaron estos autores en un total de 400 Hm^3 por año, de los cuales 280 Hm^3 llegan al lago. De los datos aportados merecería destacarse, por su interés para la gestión, que 80Hm^3 provenían de aportes de aguas residuales y 324 Hm3 de los sistemas de riego, lo que da una clara idea del grado de intervención humana del sistema. En concreto estos recursos representan el 84% del total de los recursos aportados en un año promedio.

Hay que hacer por otro lado especial referencia a dos estudios concretos: el "Estudio para el Desarrollo Sostenible de la Albufera" (Confederación Hidrográfica del Júcar – TYPSA Consultor, 2004) y el "Estudio de utilización conjunta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en las cuencas media y baja de los ríos Júcar y Turia" (CHJ-MS Ingenieros, DIHMA, 2002). El primero a causa de que es el estudio más reciente y el primero que aborda una modelación distribuida del lago, y el segundo, porque gran parte de los flujos considerados por el primero se apoyan en él.

Son estudios de gran interés y que serán utilizados a la hora de caracterizar la hidrología del sistema natural de l'Albufera, pero que según Marco *et all*., (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal) a quien seguimos en esta materia, tienen defectos de base. El primero según este es la ya señalada debilidad de los datos de partida. De alguna manera,

se intentan establecer modelaciones muy sofisticadas y de última tecnología, sobre unos datos de campo muy incompletos, tanto espacial como temporalmente. Los modelos que se presentan, por esta causa, tienen mucha menos precisión de la que aparentan. Por otro lado, en la evaluación de los recursos, estos estudios son herederos de todo el complejo proceso político que generó el Plan Hidrológico de Cuenca. De alguna manera, los estudios se basan y reelaboran con métodos más complejos, estudios anteriores a los que no quieren contradecir (Marco Segura *et all*., inédito, comunicación personal).

5.1.3. Caracterización del régimen hidrológico actual de l'Albufera y sus perspectivas de evolución.

A efectos de nuestro propósito final, que es determinar el funcionamiento hidrológico actual del sistema de l'Albufera y establecer sus tendencias de evolución futura, resulta fundamental conocer el balance hídrico actual del sistema. A este respecto, como ya se ha indicado seguiremos en esta materia a Marco Segura *et all*., adoptando los resultados de éste como fuente básica de información a este respecto.

Indican en su estudio que el cálculo de los balances hídricos del sistema de l'Albufera es complicado, ya que los regadíos del Júcar-Turia, los acuíferos y el entorno de la Albufera forman un sistema hídrico extraordinariamente complejo. Precisan por ello que para establecer un balance hídrico del lago, es preciso encajar los flujos que lo componen, del cual el lago es tan sólo la parte final. Consideran en consecuencia necesario definir con precisión el elemento de control para el cual se va a establecer la conservación de masa y cuantificar un modelo de flujos.

Elaboran para ello estos autores una serie de balances parciales de cada una de las zonas en que dividen el sistema hidrológico de l'Albufera.

El sistema del Turia y el Norte del lago.

Pasan a abordar aquí el cálculo del balance para el Sistema del Turia y la zona norte del lago de l'Albufera.

Se indica a este respecto que el río Turia, en la presa de Manises, tiene una aportación media real de 232,6 Hm^3. De ellos 116,3 Hm^3, son derivados por la acequia de Moncada y 65 Hm^3 por las acequias de la margen izquierda, de modo que 51,3 Hm^3 se entregan a las acequias que van a la Albufera. A este caudal se le añadirían los 28,8 Hm^3 procedentes de las plantas depuradoras de Quart, Paterna y Pinedo, totalizando 81,1 Hm^3 de dotación real para el sistema de riego del Turia. La huerta del Turia consume 18 Hm^3 para las 1.579 ha. regadas, de modo que al arrozal encuadrado en este sistema le llegarían 36,6 Hm^3, infiltrándose al acuífero de la Plana Norte un total de 25,5 Hm^3. El arrozal del sistema Turia consume 23,5 Hm^3 en sus 2.090 ha, de modo que por esta parte del sistema llegan al lago 55,6 Hm^3/año como retorno del arroz, a través de las acequias situadas entre el Saler y la del Fus.

Por otra parte indican que, por el Oeste y Norte del lago, tiene su entrada el aporte de aguas subterráneas procedentes del acuífero nº 25 de la Plana Norte. Este acuífero recibe 60 Hm^3/año del acuífero nº 23 de Buñol-Cheste, a través del Pla de Quart. Si se descuenta el bombeo neto de 33,2 Hm^3/año para abastecer las 6.020 ha. de regadíos existentes en el

Pla de Quart, queda una entrada neta de 26,8 Hm^3, a los que hay que añadir 29,2 Hm^3 de infiltración en las cuencas propias de la Rambla del Poyo y 25,5 Hm^3 de los retornos de riegos de l'Horta. Si la dotación procedente del Júcar del tramo II del Canal Júcar-Turia es de 25,8 Hm^3/año, para satisfacer la demanda neta de las 10.095 ha. de regadíos del tramo II del canal Júcar-Turia se precisa un bombeo neto del acuífero de 21,6 Hm^3/año, a los que hay que añadir 17 Hm^3 de bombeos de los abastecimientos urbanos e industrias de la zona, que son exportados del sistema a la depuradora de Pinedo. Si los aportes totales del acuífero, son de 81,5 Hm^3, esto supone un aporte subterráneo neto por esta zona al humedal de 42,9 Hm^3/año. Estas entradas se producen por el Oeste del lago, en la zona comprendida entre el barranco de Torrent y la acequia de la Alqueresía.

El sistema de la Ribera Alta.

Proceden a continuación a calcular el balance para el sector de la Ribera Alta.

El río Júcar tiene una aportación real media en Tous de 767 Hm^3/año. De ellos, se derivan por el canal Júcar-Turia 175,6 Hm^3/año, de los cuales 120 Hm^3 abastecen a Valencia y su área metropolitana y, por tanto, salen del sistema. Otros 55,6 Hm^3 van a los regadíos, tomando 29,8 Hm^3/año los del primer tramo del citado canal.

En el Júcar quedan por tanto 591,4 Hm^3. De ellos, la acequia Real deriva 306 Hm^3, distribuyendo 116,3 Hm^3 a su primer tramo, cuyos retornos de riego vuelven al Júcar, y 189,7 Hm^3 al segundo tramo, cuyos retornos van a la Albufera. Las acequias de Escalona y Carcaixent derivan 129,5 Hm^3 de modo que quedan 155,9 Hm^3 circulando por el río.

La cuenca baja del Júcar, es decir los ríos Albaida, Sellent, Verde, Magro, etc. aportan a la Ribera Alta un total de 206,5 Hm^3/año, de los cuales 44 Hm^3 provienen del acuífero de Caroch y entran por el frente comprendido entre Gabarda y Llombay, 20 Hm^3 de la sierra de las Agujas, entrando entre Manuel y Llaurí por el Sur. La mayor parte, 142,5 Hm^3, corresponden a los aportes de los ríos Albaida y Sellent. De este último volumen, las acequias Comuna de L'Enova y del Valle de Cárcer toman 47,1 Hm^3/año. Por tanto, al río Júcar llegan 95,4 Hm^3. La circulación por el río aguas abajo de la confluencia será por tanto de 251,3 Hm^3.

En la margen derecha del Júcar, de los 176,6 Hm^3 derivados de los ríos, se consumen 39,3 Hm^3 para las 7.132 ha. de riego con aguas superficiales y 79 Hm^3 recargan el acuífero, al cual se aportan además 20 Hm^3/año por el Sur procedente de la Sierra de las Agujas. Del acuífero se abastecen un total de 9.699 ha. de riegos con aguas subterráneas cuyo consumo neto es de 53,4 Hm^3/año, retornando al río Júcar 45,6 Hm^3.

En la margen izquierda, el primer tramo de la Acequia Real riega una superficie de 8.244 ha., a las cuales suministra 116,3 Hm^3/año. Estas tienen un consumo efectivo de 45,4 Hm^3 y producen un retorno superficial de 30,1 Hm^3/año, que vuelve al Júcar, y otros 40,8 Hm^3 recargan el acuífero en la margen izquierda.

Se indica asimismo que al acuífero, en la margen izquierda, se aportan además 44 Hm^3/año procedentes del Caroch. De él se extraen 32,8 Hm^3/año de bombeo efectivo para satisfacer en parte la demanda del tramo I del canal Júcar-Turia y los regadíos con aguas subterráneas de dicha zona, que totalizan 11.362 ha. El acuífero, por la izquierda, retorna

52 Hm^3/año al río Júcar, fundamentalmente a través de surgencias en el cauce del río y de los aportes de su afluente el río Verde, que tienen origen en el manantial de Masalaves.

En síntesis, los retornos al río Júcar en la Ribera Alta, se estiman en este estudio en 186 Hm^3, de los cuales 88,4 corresponden a retornos superficiales y 97,6 a retornos subterráneos. Añadidos al caudal circulante por el río, suponen una aportación total de 437,3 Hm^3/año en Huerto Mulet, que se entregan al sistema de la Ribera Baixa.

El balance del entorno Sur del Lago.

Se aborda a continuación en el estudio de referencia el análisis del balance hídrico del entorno Sur del lago. Este está constituido por los regadíos del tramo segundo de la acequia Real y la mitad sur de la cuenca propia del lago, situados sobre una zona del acuífero con pocas entradas laterales y pocos bombeos.

Se indica que la acequia Real aporta 189,7 Hm^3/año a los cuales hay que añadir 9,2 Hm^3/año procedentes de las depuradoras de l'Alcudia, Albufera Sur y la factoría Ford en Almusafes. Las 9.331 ha de cítricos y huerta tienen una demanda neta de 51,4 Hm^3/año. De los 146,7 Hm^3 sobrantes, 72,7 Hm^3 recargan el acuífero y 75 Hm^3 circulan hacia el arrozal. A la recarga citada hay que añadir los 29,2 Hm^3/año de recarga natural y los 3 Hm^3 procedentes del Júcar, de modo que el acuífero recibe 104,9 Hm^3/año de recarga total, la mayor parte procedente del retorno de riegos de la Acequia Real.

Asimismo se indica en el estudio que del acuífero se extraen, netos, 4 Hm^3 para usos urbanos y 8,2 Hm^3/año para satisfacer en parte la demanda consuntiva de las 2.853 ha de riegos mixtos pertenecientes al canal Júcar-Turia y situados en el área comprendida entre Alginet y la Torre Espioca. De este modo se aportan subterráneamente al humedal 92,7 Hm^3/año y 75 Hm^3/año en forma superficial. El consumo neto de las 4.242 ha de arrozal dependientes de la Acequia Real, es de 35,0 Hm^3, de los cuales 17,8 se consumirían en el arrozal alto y 17,2 en los tancats. Por tanto la entrada total al lago por esta zona la evalúan en 132,7 Hm^3.

Remarcan que este aporte es el más importante que recibe el lago y entra, fundamentalmente, a través de las acequias Overa y Dreta, que circulan de Sur a Norte, desde Algemesí hacia Sollana y el propio lago, de modo que marcan el nivel de base del acuífero en la mayor parte de su recorrido. De ahí su importancia.

En términos de balance, en los 132,7 Hm^3/año de entradas totales por este sector Sur del lago, se incluye la recarga natural del acuífero y los aportes de las depuradoras. Por esta razón, a efectos de comparación de balances, se estima en 94,3 Hm^3/año la aportación del retorno de riegos de la Acequia Real que, como ya se ha indicado anteriormente constituye el término principal del Balance hídrico del acuífero.

Balance de la zona de La Ribera Baixa.

Prosiguen analizando el balance de la zona de la Ribera Baixa. Así indican que este sistema recibe 437,3 Hm^3 a través del río Júcar en Huerto Mulet. En el tramo hasta el azud

de Sueca, el río infiltra 6 Hm^3/año al acuífero subyacente, de los cuales 3 Hm^3/año derivan hacia la Albufera y otros 3 Hm^3 a las marjales del Sur.

En los azudes de Sueca y Cullera, se derivan 218,6 Hm^3/año para el sistema de Sueca. De ellos 39,3 Hm^3 van a la Acequia de Cullera de la Margen Izquierda y 121,8 Hm^3 a las acequias de la margen derecha, quedando en el río 51,6 Hm^3/año, es decir apenas 1,7 m^3/s.

En el sistema de Sueca la demanda efectiva se debe discriminar en dos grandes términos: Los 11,6 Hm^3 destinados a la zona de cultivos ordinarios, cuya extensión es 2.111 ha y los 207 Hm^3 destinados a la zona de arrozal. La demanda consuntiva de éste último, con una superficie estimada de 6.950 ha., es de 58,1 Hm^3. De ellos 23,6 Hm^3 se consumirían en las 3.930 ha. de arrozal alto y 34,4 Hm^3 en las 3.020 ha. de tancats. Por tanto la aportación de retorno de riegos total de Sueca es de 148,9 Hm^3. Consideran que un 20% de esta cantidad va a la Albufera, es decir 29,8 Hm^3, mientras que 119,1 Hm^3 saldrían al mar por las golas del Perellonet, Perelló y la gola del Rey.

Asimismo indican que la acequia de Cullera de la margen izquierda, deriva 39,3 Hm^3/año. De ellos, se consumen 3 Hm^3 en la zona de cultivos ordinarios y 36,3 Hm^3/año van al arrozal. La demanda efectiva de las 775 ha de arrozal, es de 4,7 Hm^3 y por lo tanto, el retorno de riegos es de 31,6 Hm^3, la mayor parte de los cuales van al mar a través de la acequia de Sant Llorens.

El sistema de la margen derecha, por último, deriva 121,8 Hm^3/año. Descontados los 24,7 Hm^3, necesarios para satisfacer su demanda efectiva, los retornos de riego que alimentan los marjales del Sur del Júcar se evalúan en 100,1 Hm^3/año, que son evacuados por el Estany de Cullera.

Balance del Sistema Albufera.

Abordan a continuación la evaluación de los flujos de entrada al conjunto del Sistema Albufera. Para ello adoptan como límite externo de éste el contorno del área de arrozal. Asumen que este hecho entraña una simplificación, ya que el humedal tiene una extensión algo mayor, pero las superficies de regadío ordinario que allí existen no son significativas y su consumo efectivo puede considerarse despreciable.

Asimismo señalan que, según el modelo expuesto al hablar del acuífero, la cota de nivel de base impuesto es la del perímetro del lago antiguo, es decir la de la “perelloná”. Esta línea está suficientemente próxima al límite del arrozal como para suponer que los afloramientos del acuífero, tanto los que se producen a través de surgencias concretas (ullals) como los que se producen de forma difusa se producen en el citado límite exterior del parque. Se consideran estos caudales disponibles para el arrozal conjuntamente con los sobrantes superficiales de riego y las dotaciones para el arrozal. En otras palabras, se considera todo el arrozal como demanda interna del parque, o lo que es lo mismo, como una salida en su balance.

Se indica así que al sistema Norte llegan 26,6 Hm^3/año a través de las colas de las acequias de Favara y Oro, a los cuales hay que añadir 10 Hm^3 de la depuradora de Pinedo. Los aportes subterráneos de esta zona se evalúan en 42,9 Hm^3.

Para el sistema del Sur de la Albufera, se estimaban en 75,0 Hm^3/año los caudales aportados por las acequias de la red del segundo tramo de la acequia Real, hasta el arrozal, más los afloramientos de 92,7 Hm^3 procedentes del acuífero 26, en su mayor parte procedentes de retornos de riego.

Para el sistema de la Ribera Baixa consideran un aporte de 207 Hm^3 a través de las acequias de Sueca y de 36,3 Hm^3/año a través de la acequia de Cullera de la margen izquierda.

A estos aportes, fundamentalmente ligados a los acuíferos y los retornos y dotaciones del complejo sistema de regadíos, añaden una serie de términos que entran directamente al parque.

Así, indican que a través de la Rambla del Poyo entran 4,6 Hm^3 procedentes de la depuradora de Torrent, así como la mayor parte de los 6 Hm^3/año de vertidos no depurados que llegan al lago, además de la escorrentía superficial de la cuenca propia, que estiman en 14,6 Hm^3/año. También se consideran unas entradas por esta zona Norte procedentes de la escorrentía de pluviales urbanas que se evalúan en 12 Hm^3. De las aportaciones del Saler, Perellonet y Palmar se estima una entrada de 1 Hm^3.

Por último se considera la precipitación sobre los “tancats” y el lago, que se cuantificó en 37,7 Hm^3.

En la tabla 1 se resumen las entradas de recursos al parque.

Entradas al Sistema Albufera	
Entradas superficiales al arrozal del sistema del Turia	26,6
Entrada desde la depuradora de Pinedo y otras	10,0
Entradas subterráneas del sistema de la Plana Norte	42,9
Entradas superficiales al arrozal de la Acequia Real	75,0
Entradas subterráneas del sistema de la Plana Sur	92,7
Entradas a través de las acequias de Sueca	207,0
Entrada a través de la acequia de Cullera	36,3
Depuradora de Torrent y otras	5,6
Escorrentía superficial de la cuenca	14,6
Escorrentía urbana de pluviales	12,0
Vertidos no depurados	6,0
Precipitación sobre lago y “tancats”	37,7
TOTAL	**566,4**

Tabla 1. Entradas al Parque Natural en Hm^3. Fuente: Tomado de Marco, J.B. *et all*. inédito, comunicación personal.

Estas cifras indican que serían comprables al resultado de la evaluación incluida en el Plan Especial de la Albufera (1990), que ascendían a 651 Hm^3/año y que era el único balance completo disponible hasta entonces que contemplaba la totalidad de las 21.000 ha del Parque Natural, que asimilamos aquí al conjunto del sistema Albufera.

Pasa a describir y evaluar las salidas de agua que se producen en el sistema. Estas se producen por la evapotranspiración del arrozal y la evaporación del lago, siendo el resto atribuible a salidas por las golas y a través de la restinga.

Así la evapotranspiración del arrozal, se repartiría entre el arrozal del Turia, 23,9 Hm^3/año, el arrozal de la Acequia Real del Júcar 35,0 Hm^3/año, el arrozal de Sueca, 58,1 Hm^3/año y

el de Cullera, 4,7 Hm^3/año. En total evalúan la evapotranspiración total de los arrozales de l'Albufera en 135,4 Hm^3/año.

La evaporación correspondiente al lago la estiman en 27,1 Hm^3/año, considerando que se produce al ritmo potencial.

Las salidas al mar suponen en total 417,7 Hm^3/año. De ellas, consideran que 119,1 Hm^3 se evacuan por las golas del Perelló, Perellonet y del Rey, 31,6 Hm^3 por la Acequia de Sant Llorens y el resto 266,9 Hm^3, el mayor caudal, drena por la gola del Puchol.

La tabla 2 representa el resumen de los caudales de salida del parque.

Demanda efectiva del arrozal	**121,7**
Arrozal del Turia	23,9
Arrozal de la acequia Real del Júcar	35,0
Arrozal de Sueca	58,1
Arrozal de Cullera	4,7
Evaporación del lago	**27,1**
Salidas por las golas	417,7
Gola del Puchol	266,9
Golas del Perellonet, Perelló y del Rey	119,1
Acequia de Sant Llorens	31,6
Total Salidas	**566,4**

Tabla 2. Balance Hídrico para el ámbito del Parque Natural. Caudales en Hm3. Fuente: Tomado de Marco, J.B. *et all*. Inédito, comunicación personal.

Aportan un diagrama de flujos representativo del funcionamiento hídrico del sistema Albufera para un año promedio, que permite analizar con mayor facilidad el funcionamiento hidrológico del sistema, lo cual permitirá un análisis detallado de las posibilidades de evolución del mismo. Este diagrama se recoge en la fig. 10.

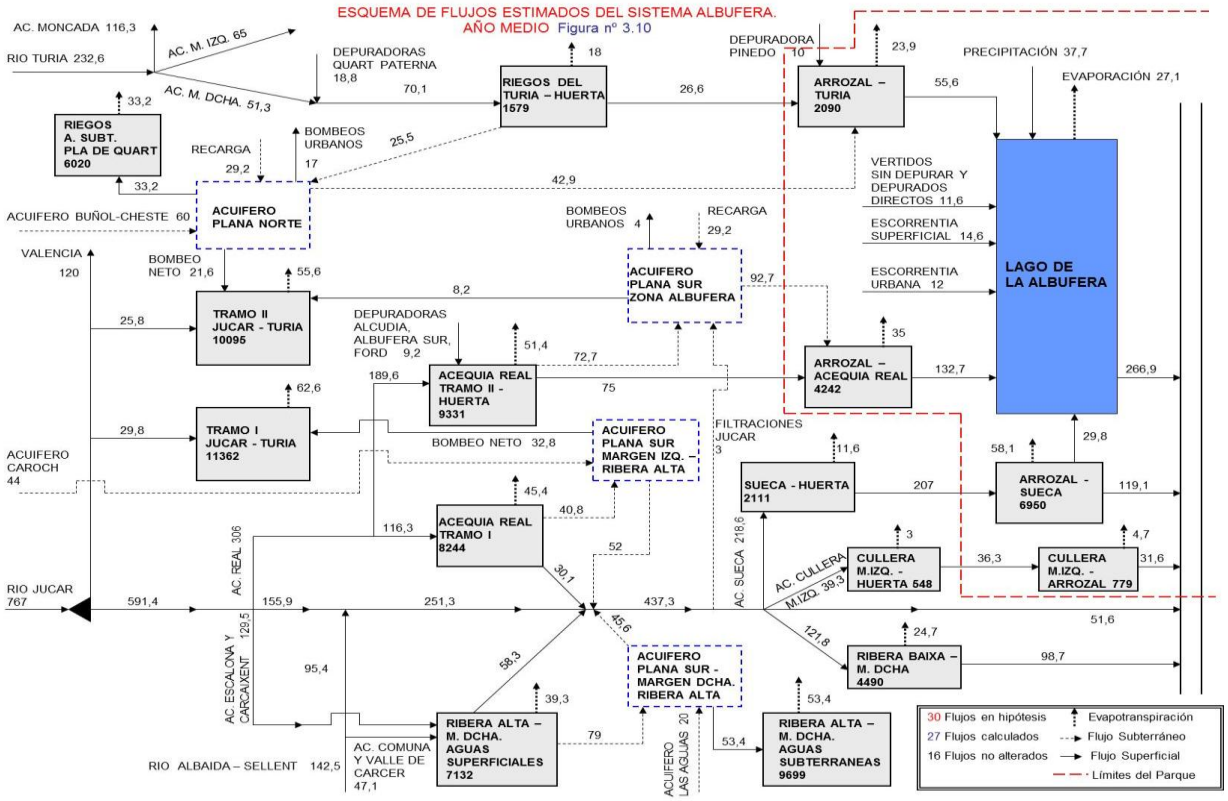


Fig 10. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia: proyección de futuro. Tomado de Marco Segura, J.B. *et all*., inédito, comunicación personal.

Balance del lago

Se aborda a continuación, el estudio del balance hídrico del propio lago de l'Albufera. De los 566,4 Hm^3 de caudal aportado anualmente al parque natural, sólo una parte, aproximadamente la mitad, circula por el lago. Fundamentalmente está constituido este caudal por los retornos de riego de la acequia Real y, en menor medida, del Turia, así como por las aportaciones provenientes de la escorrentía superficial, la precipitación directa sobre el parque y, por último, las aportaciones de los sistemas urbanos.

En síntesis, indican Marco *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal) que las aportaciones del sistema del Turia y del acuífero de la Plana Norte se evalúan en 55,6 Hm^3/año. El sistema de la Acequia Real y el acuífero de la Plana Sur aporta el mayor caudal: 132,7 Hm^3/año, y los retornos de riegos del sistema de Sueca, estiman que contribuyen con un aporte al lago de 29,8 Hm^3/año, el 20% de los retornos del sistema. En total, las aportaciones del sistema de riegos y el acuífero, que son muy difíciles de separar, ya que interactúan intensamente entre ellos, ascienden a 218,1 Hm^3/año.

A estos caudales añaden los aportes provenientes del sistema superficial de la Rambla del Poyo y los otros cauces afluentes, que incluirían 14,6 Hm^3 de escorrentía superficial, 6 Hm^3 de vertidos no depurados, 12,0 Hm^3 de escorrentías superficiales urbanas y, por último, 5,6 Hm^3 de aportes directos de depuradoras. En total, 38,2 Hm^3 de aportes superficiales directos. Por último, consideran a este respecto la precipitación directa sobre el lago y los "tancats" directamente vinculados, que suponen 37,7 Hm^3/año. En total la aportación al lago la evalúan en 294 Hm^3/año. Según Marco *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal), si la evaporación en el lago se estima en 30,7 Hm^3/año, el caudal vertido al mar sería de 267,0 Hm^3/año.

La tabla 3 resume el balance actual del lago, según la estimación realizada por Marco *et all*.

Entradas	
Aportes subterráneos y de Retorno de Riegos	218,1
-Retorno de riegos y entradas subterráneas del sistema del Turia y el acuífero de la Plana Norte	55,6
-Retornos de riegos de la acequia Real del Júcar y el acuífero de la Plana Sur	132,7
-Retornos de riegos del sistema de Sueca	29,8
Aportes del sistema Superficial	38,2
Escorrentía Superficial	14,6
Vertidos no depurados	6,0
Escorrentía Urbana	12,0
Vertidos directos de depuradoras	5,6
Precipitaciones sobre el lago y "tancats"	37,7
Total	294

	Salidas
Evaporación del lago	27,1
Salidas por la gola del Puchol	266,9
Total	294

Tabla 3. Balance hídrico propuesto para el lago. Valores en Hm3. Fuente: Tomado de Marco, J.B. *et all*. inédito, comunicación personal.

Indican que este balance arroja unos valores superiores en un 30% a los estimados en el "Estudio para desarrollo sostenible del lago de la Albufera". Para poder comparar ambos balances, homogeneizan los términos de ambos.

El balance de aportaciones expresado en términos comparables se recoge en la tabla 4. Los datos de balance del "Estudio para el desarrollo sostenible de la Albufera, corresponden a dos períodos de análisis, el comprendido entre el año 1970/71 y el año 2001/02 y el correspondiente a los años desde 1980. El análisis aportado por Marco *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal) corresponde a este último período, con los datos actuales de vertidos.

Entradas (Hm^3/año)	**Estudio desarrollo sostenible Albufera. Media 1970/71 – 2001/02**	**Estudio desarrollo sostenible Albufera. Media 1980/81 – 2001-02**	**Estudio Marco *et all*.**
Aportaciones naturales	84,16	83,58	110,7
Retornos de riego. Acequia Real y Antella	130,60	86,01	94,3
Retornos de riego. Acequia de Sueca (1)	28,13	18,52	29,8
Retornos de riego. Riegos del Turia	19,78	11,31	7,6
Retornos de riego totales	**178,51**	**115,85**	**131,7**
Vertidos de aguas sin depurar	23,16	20,85	18,0
Vertidos de aguas depuradas	6,33	7,09	33,6
Total	**292,13**	**227,37**	**294**

Tabla 4. Comparación de Balances Hídricos entre el estudio de referencia y el Estudio para el Desarrollo sostenible de l'Albufera. Tomado de Marco, J.B. *et all*. inédito, comunicación personal.

La diferencia más significativa, según correspondería a los vertidos, ya que en el Estudio para el desarrollo sostenible de l'Albufera, aun considerándolo más acertado que los

estudios anteriores, no se incluyen todas las depuradoras del sistema. Así, indican que no incluye la de Paterna ni la de L'Alcudia, ni los 10 Hm^3 que aporta sistemáticamente Pinedo a la acequia del Oro. Indican a su vez que ningún estudio previo ha contabilizado los aportes de escorrentía urbana de pluviales, que son muy importantes en el corredor urbano existente entre Valencia y Silla.

En las aportaciones naturales, indican que la diferencia proviene de que respecto de la precipitación por lluvia directa sobre el lago, el estudio de referencia considera también el área de "tancats", en los cuales el nivel freático está en superficie.

En cuanto al término más importante, que es el retorno de riegos, la similaridad de las cifras oculta, según el estudio de referencia, diferencias importantes. Este parte de unas superficies de riego sensiblemente mayores, tomadas por medición directa sobre fotografía aérea, y de unos suministros reales a las acequias también mayores que indican que están contrastados y encajados en un balance global de funcionamiento del sistema. Se indica así que la diferencia en los balances aunque es pequeña, esconde una diferencia que se amplifica en los años de sequía. Si la evapotranspiración es estable sobre una superficie mayor en riego, los años de bajo suministro la aportación neta, que es el sobrante, cae a valores mínimos.

Otra diferencia significativa está en las entradas desde Sueca ya que en el estudio de referencia se considera que el 20% del retorno de Sueca, y no el 12% como supone El Estudio para el Desarrollo Sostenible de L'Albufera va al lago, por la estructura y capacidades de la red de riego.

Indican a continuación que por lo que respecta al Turia, los retornos son positivos, debido al aporte de la depuradora de Pinedo que no se consideraba en los estudios previos, así como tampoco se consideraban los bombeos para abastecimiento urbano e industrial, que son muy importantes en l'Horta Sud.

Se constata asimismo otra fuente de divergencias en la consideración de la evapotranspiración en el arrozal. El estudio de Marco, J.B. *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal), considera que es mayor que en los estudios previos, debido a que en las zonas de nivel freático en superficie, como son los "tancats" y arrozales más bajos, la evapotranspiración se produce al ritmo potencial, compensándose así también el hecho de que se ha considerado en dichas zonas escorrentía total. Se indica asimismo que este hecho afecta en mayor medida al balance de los años secos. Indican por último que, en estudios previos, no se ha considerado debidamente la hidrología del arrozal y los "tancats". Si esta no se considera y estudia debidamente, los estudios del lago resultan precarios.

5.1.4. Variabilidad del recurso hídrico en las cuencas de los ríos Júcar y Turia.

Transcribimos asimismo aquí por su interés el análisis de los flujos de entrada a la laguna de La Albufera que se incluye en el estudio que venimos utilizando como referencia para el análisis del sistema hidrológico de l'Albufera. Por su interés como elemento de base a la hora de construir los escenarios de futuro en cuanto a la variación en la disponibilidad de los recursos hídricos.

Se inicia este documento refiriéndose Marco *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal) a que las importantes tendencias de disminución de las aportaciones en los últimos 20 años sugieren la necesidad de estudios complementarios que intenten explicar el porqué de esas reducciones y que permitan una extrapolación a un determinado año horizonte, para poder reducir la incertidumbre en lo que se refiere a los flujos del sistema.

Se indica así que el recurso hídrico disponible o aportación neta *A* responde a la ecuación:

$A = P - E(P, T, S)$

donde *P* es la precipitación y *E* es la evapotranspiración real, que depende de diversos parámetros como son la precipitación *P*, la temperatura *T* y el uso del suelo *S*.

Asimismo indican que la variabilidad a distintas escalas temporales de la aportación *A* dependería de los siguientes factores:

- factores climáticos naturales que afectan a *P* y a *T* (por ejemplo: estacionalidad, fluctuaciones interanuales y decadales);

- cambio climático que afecte a *P* y a *T* (por ejemplo: tendencia de largo plazo secular de la temperatura, perturbación de las fluctuaciones interanuales y decadales);

- actividad antropogénica (por ejemplo: cambio de los usos del suelo *S* que modifiquen la evapotranspiración).

Proceden en consecuencia a analizar la variabilidad de las aportaciones y de la precipitación en la segunda mitad del siglo XX en las cuencas del Júcar y del Turia.

Prevision de evolución futura del sistema.

Según Marco *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.) el sistema de recursos hídricos de la Albufera, se halla al límite de sus posibilidades de uso. En consecuencia, no prevén alteraciones muy radicales en el sistema de demandas.

El cambio más significativo indican que se producirá por el paso a riego localizado de la mayor parte de las zonas de cultivo dedicadas a los cítricos, que son la mayoría. Esta transformación, ya ha tenido lugar en las zonas de riego con agua subterránea y riegos mixtos como es el canal Júcar-Turia. El cambio a riego localizado no afecta sensiblemente al uso consuntivo por parte de las plantas. Desde ese punto de vista, indican que como se han considerado flujos netos para estas zonas, no es necesario alterar los flujos en ellas. En cambio, sí lo consideran necesario respecto de la zona de riegos tradicionales.

En estas circunstancias, adoptan la premisa de que todo el regadío tradicional de la Ribera Alta, cambia a riego localizado. No consideran sin embargo dicho cambio en el riego del Turia, ya que en su mayor parte son cultivos de huerta, ni en la Ribera Baixa por su escasa trascendencia respecto del lago.

Estiman que la consecuencia de este proceso será la reducción a la mitad del retorno de riegos subterráneo, como fue comprobado con el modelo TETIS en el *Estudio para el*

Desarrollo sostenible de la Albufera (2004). Para el retorno superficial, al pasar la red a presurización, consideran una reducción del 80% en dicho retorno.

Los otros grandes cambios previstos en el estudio afectarían al sistema urbano. Respecto a este prevén Marco *et all*. (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal) que desaparecerán los vertidos no depurados y serán sustituidos por caudales depurados. La escorrentía urbana, prevén que se incrementará en 2 Hm^3/año al completarse la urbanización y consiguiente impermeabilización del corredor Valencia-Silla. En un futuro estiman que se eliminará la aportación de la Depuradora de Paterna, ya que existen proyectos de reutilización en las acequias de la margen izquierda del Turia para sus aguas.

Por último, indican que el cambio más importante previsto es el aporte desde la depuradora de Pinedo de 3 m^3/s de aguas con tratamiento terciario. Consideran los autores este aporte como imprescindible. Estiman que como consecuencia el aporte de Pinedo a los arrozales del Norte del lago, pasará de los 10 Hm^3/año actuales a 90 Hm^3/año. Este cambio, a la fecha de presentación de este documento ya se ha producido.

Describen a continuación las consecuencias para el sistema de estos cambios. El flujo de entrada al parque a través del arrozal de la acequia Real del Júcar indican que se reduciría en 96,3 Hm^3/año. En cambio el aporte por el Norte, gracias a los caudales aportados por la depuradora de Pinedo, se incrementaría en 73,2 Hm^3/año. Con todo, este cambio lo consideran negativo sobre el balance hídrico del lago. Las salidas se reducirían, pasando de 266,9 a 239,8 Hm^3/año, es decir una reducción de 27,1 Hm^3 o, lo que es lo mismo, del 10% en la renovación del lago. Y ello contando con el aporte desde Pinedo. Si éste no se llevara a cabo, la reducción sería de 107,1 Hm^3/año, que equivales al 40% de la renovación anual. En este sentido, en esta previsión, se ha reducido la aportación desde el Júcar en 96,3 Hm^3. Esta reducción, consideran que, “de facto”, ya se ha producido en los últimos 10 años, como indican las medias de los caudales derivados por las acequias.

Hacen referencia asimismo a la cuestión suscitada desde algunos sectores respecto a la posibilidad de aportar caudales al lago directamente desde el rio Júcar. Para estos autores, a la vista de la estructura de flujos futuros previstos, el valor máximo posible para dicho aporte es de 96,3 Hm^3/año, ya que, según ellos, sería utópico pensar que el río Júcar puede aportar más agua al sistema. Por otro lado, hacen referencia al hecho ya expuesto anteriormente de que incluso considerando el aporte de la depuradora de Pinedo el balance disminuye. Para mantener este balance indican que sería necesario aportar desde el Júcar, como mínimo, un caudal de 27,1 Hm^3/año. Entre estas dos cifras, que corresponden a una horquilla de entre 1 y 3 m^3/s de aporte directo desde el Júcar, consideran que se hallaría la solución más factible dados los condicionantes actuales.

Restaría por discutir, en opinión de los autores, una cuestión importante a este respecto como es el punto de aplicación de estos caudales. El caudal aportado desde el Júcar, podría en su opinión conducirse directamente a través del canal Júcar-Turia y una conducción directa desde Espioca, con posibilidades alternativas de aporte a la acequia del Romaní y el tramo final de la acequia Real. Este, según ellos, sería el lugar idóneo para paliar la falta de renovación del sector Oeste del lago. Lo mismo indican respecto al aporte procedente de la depuradora de Pinedo. En este caso consideran plausible repartirlo entre los arrozales del Norte y del Oeste del Parque, en la época en que fuera ello factible.

Hacen referencia a continuación a otra consecuencia importante futura, como es la reducción en el caudal circulante por el río Júcar. Indican al respecto que debido a los procesos arriba descritos los retornos se reducirían de 184 a 55 Hm^3/año. Se produciría por lo tanto un descenso en el caudal circulante de 129 Hm^3/año, equivalentes a 4 m^3/s, lo que supondría una reducción del 30% en los caudales circulantes, salvo que la reducción de demanda de los regadíos se deje en el río Júcar. En tal caso, indican que el caudal circulante globalmente se incrementaría en los 96 Hm^3 detraídos a la Albufera. Por esta razón, se inclinan por un aporte máximo de 3 m^3/s directo al lago, aduciendo que un aporte mayor reduciría en paralelo el caudal circulante por el río Júcar.

En base a estas consideraciones, proponen el siguiente diagrama de flujo, representativo de una previsible situación de futuro.

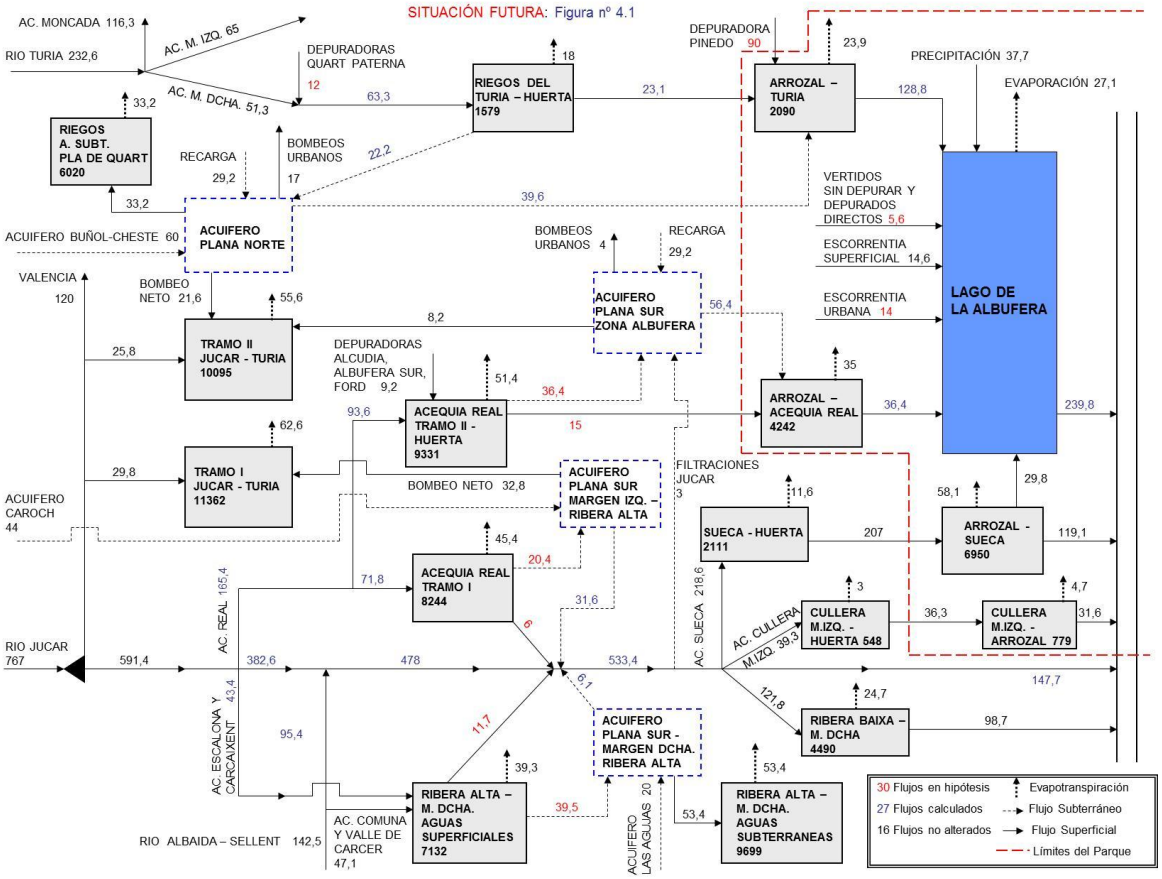


Fig. 11. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia: proyección de futuro. Fuente: Marco Segura, J.B. *et all*, inédito, comunicación personal.

Variabilidad de las aportaciones al lago.

Proceden a continuación al estudio de la variabilidad de las aportaciones de caudales al lago. Analizan para ello en principio la variabilidad natural actual del sistema, considerando un marco de aportaciones naturales estables en sus valores actuales. Analizan finalmente, lo que resulta de gran interés para nuestro estudio, la posible incidencia de un cambio climático futuro.

Variabilidad natural.

Exponen asimismo que el sistema de recursos del entorno de la Albufera corresponde a unos ríos altamente regulados y unas superficies de regadío extraordinariamente extensas, que demandan una aportación estable. En consecuencia, dado que los términos principales del balance hídrico son el retorno de riegos y los aportes del sistema urbano, el sistema es muy estable en sus aportaciones para sus años medios y húmedos. Sostienen asimismo la lógica de esta característica, puesto que en años húmedos los excedentes en los ríos Júcar y Turia, son almacenados en los embalses, sobre todo en la actualidad en que la escasez obliga a una gestión más conservadora.

Indican a su vez que como el sistema está muy explotado, en los años secos se produce una caída drástica en las aportaciones al lago, ya que éstas son el resultado de una serie de procesos de umbral. La evapotranspiración de los cultivos, apenas si se reduce en los años secos, salvo que se aporte menos de lo necesario.

El resultado final es una situación asimétrica, con unos aportes bastante regulares en el 75% de los años y unos aportes que caen drásticamente en los años secos.

Análisis año seco.

Como ejemplo de funcionamiento del sistema en año seco, consideran el año 1994/95 que fue el más seco de los últimos 25 años, excepto el 2005/06 que ha sido mucho peor pero del cual se indica que en el momento de la redacción del estudio no se disponía de los datos completos. El año 2001/02 indican que fue igual de seco en las cuencas de los ríos Júcar y Turia, pero no en la cuenca propia del lago, para la cual el año fue húmedo y compensó en parte la sequía.

Para dicho año 1994/95 consideran las aportaciones realmente derivadas para todas las zonas regables. En ellas consideran que no se altera la evapotranspiración real, ya que la reducción en los aportes aún permite un cierto excedente. En cambio sí se reducirá en un 20% el consumo de las zonas de riego con aguas subterráneas. La reducción de las derivaciones del Turia es menor que en las del Júcar. La razón es que siendo el sistema del Turia menos utilizado, hay reservas en los embalses que permiten paliar la situación.

La precipitación en la cuenca vertiente del lago fue de 343 mm, lo que supone una reducción del 27% en los aportes por precipitación directa sobre el lago y marjales y una disminución aun superior en la recarga natural, que se estimaría en un valor de alrededor del 60%, así como en las entradas laterales. Para estas últimas indican que, para considerar la inercia del acuífero, se laminó, considerando un 50% del déficit en el año actual.

Con estas hipótesis, sobre el esquema de flujos actual, elaboran un diagrama de flujos representativo del año seco tipo, presentado a continuación.

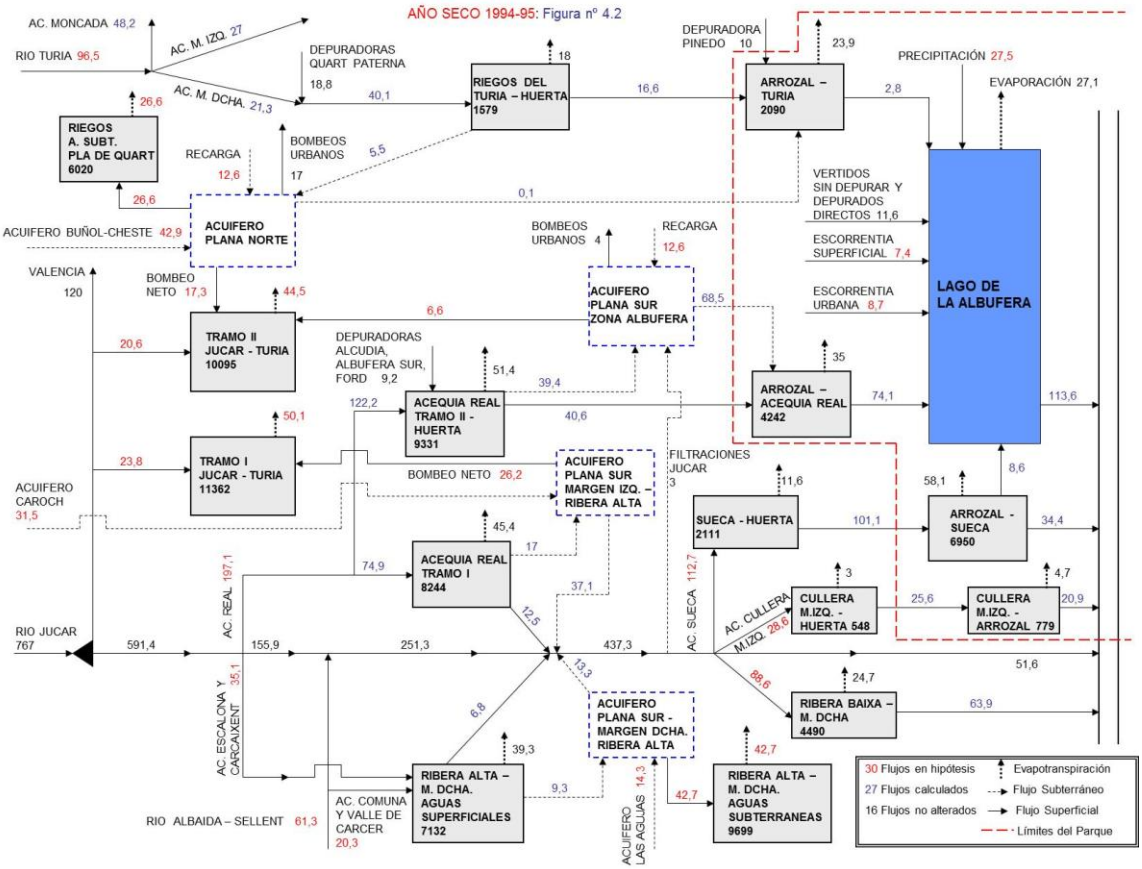


Fig. 12. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia para un periodo seco. Fuente: Marco Segura, J.B. *et all*, inédito, comunicación personal.

Indican a su vez que en el periodo de 26 años considerados, se encuentran otros 3 años con pluviometrías similares al considerado. El 2001/02 es sólo un poco menos duro y el 2005/06 mucho peor. Podemos en estas condiciones considerar que estos balances serían representativos de una sequía con periodo de retorno de 10 años en la situación actual.

Hacen constar a su vez que en estos años secos la caída en los retornos de riegos es muy significativa. Los retornos del sistema del Turia, se reducen en 55,8 Hm^3, los de la acequia Real del Júcar en 58,6 Hm^3 y los del sistema de Sueca en 20,4 Hm^3. En total, 134,8 Hm^3/año menos de aportes procedentes de retornos de riegos. En cambio, se indica que la reducción de los aportes procedentes de los sistemas urbanos es irrelevante y la de los aportes naturales es de 17,4 Hm^3 que, aun siendo importante, no es comparable. En total, se concluye que los aportes de recursos a la Albufera en año seco ascienden a 140,7 Hm^3/año, frente a los 294 Hm^3 de aportes medios, por lo que la reducción es del 52,1%. Los retornos al Júcar caen a 69,7 Hm^3, lo que conlleva una reducción de 114,3 Hm^3, el 62%.

En años secos, las entradas a la Albufera se reducen de modo drástico. En un año extremo, como el 2005/2006, la reducción de aportaciones es aún mayor. En un año así, indican que la acequia Real del Júcar deriva 123,4 Hm^3, reduciéndose esta por tanto en 73,7 Hm^3. Esto supone una reducción en su aporte a la Albufera de 45,7 Hm^3. La acequia de Sueca y las del Turia estiman que aportan lo mismo que en el periodo 1994/95. Estima así que las entradas al lago han sido del orden de 95 Hm^3, es decir apenas un 33% de su valor habitual. Esto supone unas salidas de unos 65 Hm^3 al mar, valor que concuerda con lo observado para el citado año 2005/2006.

En definitiva, concluyen que tanto el caudal circulante por el Júcar como el aporte a la Albufera son extraordinariamente sensibles a la situación de sequía. Esta sensibilidad es bastante superior al efecto de la modernización de riegos.

Análisis año Húmedo.

Al abordar el análisis del comportamiento del sistema en un año húmedo, consideran que, así como la serie de precipitaciones y aportaciones en régimen natural es aproximadamente estacionaria para los últimos 25 años, las derivaciones por las acequias, claramente, no lo son.

Indican que la política de gestión en años húmedos se ha modificado muy sensiblemente al agotarse las reservas en los embalses. Así, los excesos que antes se permitían los usuarios en los años húmedos, han desaparecido. El examen de la serie de derivaciones disponible muestra que los años en que éstas son mayores son los primeros. Adoptan en consecuencia como ejemplo de año húmedo el año 1997/98, que es el más húmedo posterior a la sequía de 1993/95.

Los resultados y flujos propuestos por los autores se presentan en la figura siguiente.

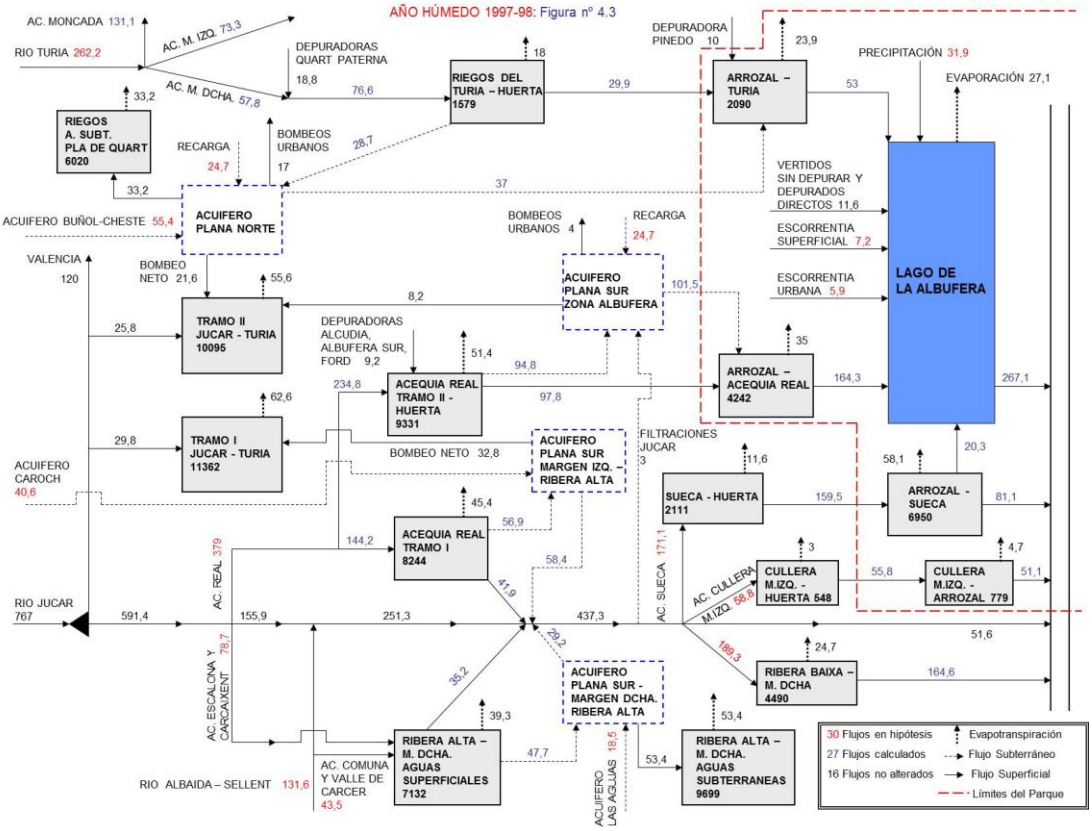


Fig. 13. Flujos hídricos del sistema de l'Albufera de Valencia para un periodo húmedo. Fuente: Marco Segura, J.B. *et all*, inédito, comunicación personal.

Los resultados aportados muestran que las variaciones en el balance del lago son mínimas, de menos de 1 Hm^3. Indican así que el sistema de Sueca derivó menos agua, mientras la margen derecha del río Júcar y la Ribera Alta derivaron más, así como la

Ribera Alta. Este hecho y la inercia de los acuíferos, contribuyen a un balance estable. Lo mismo sucede con los retornos al Júcar, que apenas se modificaron en 4 Hm^3.

Se indica a su vez que, para el citado año, la precipitación en la cuenca baja fue incluso inferior a lo normal, compensando variaciones inferiores en todo caso a los 20 Hm^3.

Afirman en consecuencia que, en años húmedos, los balances del lago apenas se alteran entre un 10% y 15%.

5.1.5. El régimen específico de los tancats de l'Albufera.

Los campos de cultivo de arroz cuya superficie se halla por debajo del nivel del lago, se denominan, como ya se ha referido, "tancats" (cerrados), en razón a que se encuentran separados del lago por una mota perimetral, así como también de los canales que afluyen a él. El agua sobrante del cultivo del arroz, aproximadamente un 75% del agua utilizada, es devuelta al lago mediante bombeos helicoidales, que la elevan una altura de entre 0,8 y 1 m. Los canales que afluyen al lago toman el nivel de éste, siendo los que aportan los recursos a los "tancats", de modo que durante la campaña del arroz se establece un circuito cerrado entre el lago y los "tancats".

Si consideramos que la dotación habitual media de los "tancats" es de 20.000 m^3/ha./año, de los cuales el arrozal sólo evapotranspira 5.000 m^3/ha. y campaña de cultivo, tenemos una recirculación de agua media de 15.000 m^3/ha. Si la superficie de los "tancats" es de aproximadamente 5.000 has., tendremos que cada campaña de cultivo del arroz existe un flujo de 75 Hm^3, circulando en circuito cerrado con el lago. Puede afirmarse que los "tancats" estarían actuando como un "filtro verde", por el que circula tres veces por término medio toda el agua del lago a lo largo de una campaña de cultivo del arroz.

La importancia hidrológica y ambiental de este flujo es innegable, como acredita el estudio del Grupo de Emisarios Submarinos e Hidráulica Ambiental, Instituto de Hidráulica, perteneciente a la E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria (Álvarez Díaz, C. *et all*.; 2010) que modelizaron el funcionamiento hidrodinámico del sistema, obteniendo que el proceso de vaciado del agua almacenada en los tancats durante la Perelloná, incrementa notablemente la circulación en el conjunto del lago, alcanzando incluso las zonas más interiores del mismo. Indican que este fenómeno es uno de los más influyentes en la dinámica del lago, aunque se produce en un corto periodo de tiempo. Reproducimos en la siguiente figura el resultado obtenido por estos autores respecto a la circulación de agua inducida en l'Albufera considerando el efecto del vaciado de los tancats y del lago

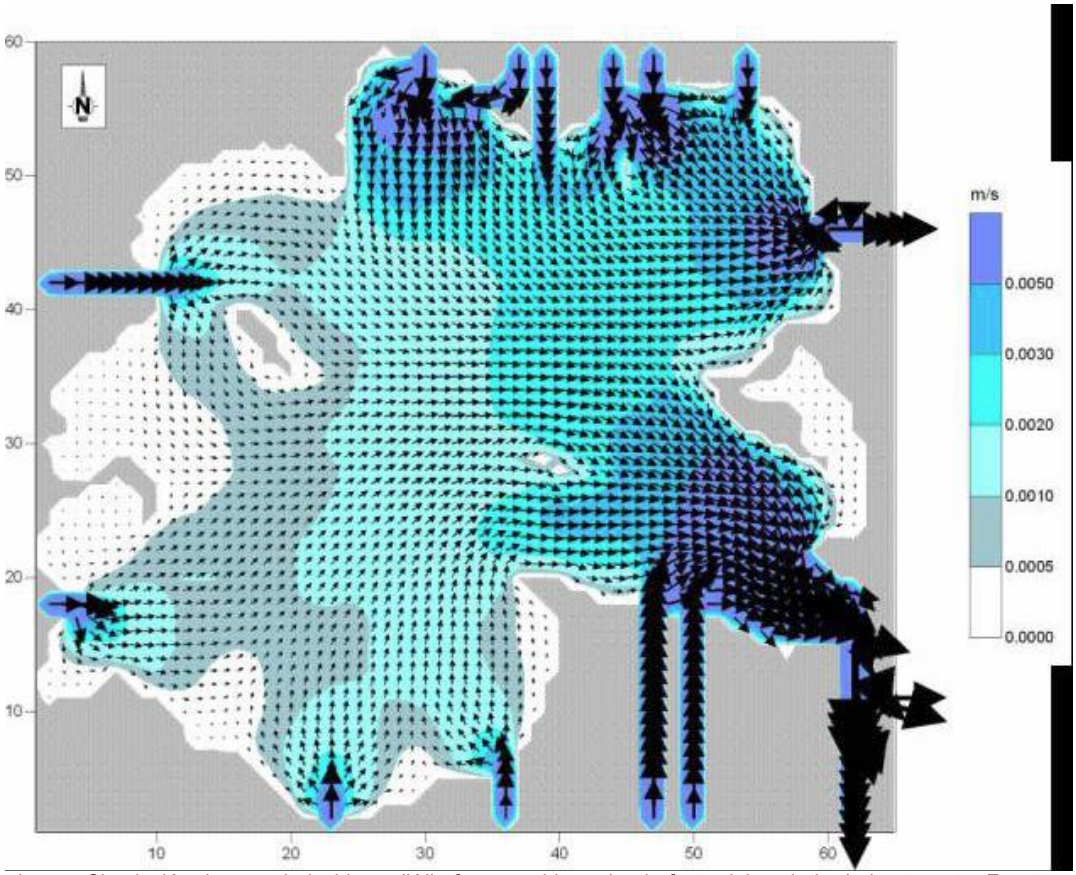


Fig. 14. Circulación de agua inducida en l'Albufera considerando el efecto del vaciado de los tancats. Fuente Tomado de Álvarez Díaz, C. *et all*. 2010.

Este vaciado de los tancats indican que tiene relación con las "fases claras" que se observan periódicamente en el sistema, en las que las especies de fitoplancton que generalmente dominan el lago (cianofíceas filamentosas), son desplazadas en abundancia por otras especies que inicialmente tienen una presencia secundaria (clorofíceas y diatomeas), cuando disminuye la concentración de nutrientes por el lavado tras el vaciado de los arrozales.

Por otra parte, reviste gran interés para la caracterización de los Tancats y el conjunto del sistema la determinación de la línea de aterramiento, definida como aquellos terrenos cuya cota se sitúa por debajo del nivel de la superficie del lago de l'Albufera.

Esta permite, por una parte, aproximar la superficie ocupada originariamente por el propio lago, con anterioridad al avance de los procesos de transformación agraria y por otra, permite determinar que parcelas basan su riego en el aprovechamiento de la diferencia de cota con el nivel mantenido por el propio lago, es decir permite identificar geomorfológicamente que parcelas funcionan en lo que denominaríamos régimen de Tancat.

La línea de aterramiento se ha determinado en base un levantamiento topográfico de precisión, escala 1:2.000, realizado por la Confederación Hidrográfica del Júcar. Los datos resultantes se analizaron mediante software de tratamiento de información geográfica de

tipo ARC GIS, con objeto de determinar superficies a la misma cota y diferenciar estas por intervalos de altitud. De dicho tratamiento de los datos se obtiene el siguiente mapa.

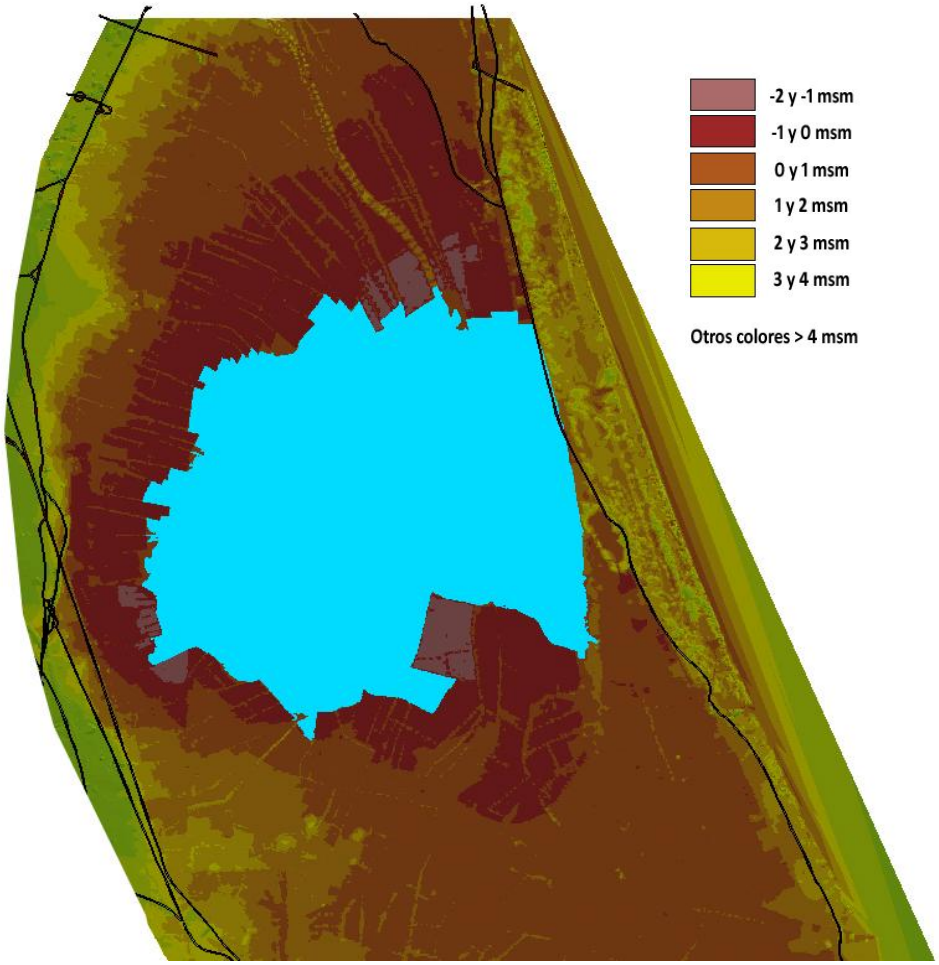


Fig.15. Intervalos de cotas en los terrenos en el entorno del lago de l'Albufera. Fuente H. Ramón, comunicación personal.

El trazado seguido por la línea de aterramiento muestra diferencias para las zonas norte y sur de la Albufera.

La distancia del escalón topográfico al perímetro actual del lago es bastante uniforme en todo el arco norte, con un máximo de 3,8 km en el término municipal de Alfafar, al Este del barranco del Poyo.

En los términos de Massanassa y Catarroja se constatan longitudes de aterramiento algo menores, adentrándose en Silla hasta el límite con la vía del ferrocarril (aproximadamente a 1,4 km del perímetro del lago).

En cuanto a la parte sur, se aprecia gran desigualdad entre los términos municipales de Sollana (más hacia el interior) y Sueca, con un gran intervalo que va desde los 2,15 km de distancia máxima en la zona limítrofe del entronque del lago con la gola del Perelló (acequia de la Reyna), hasta los escasos 500m de distancia mínima en la zona más suroccidental.

Esta determinación nos ofrece una imagen clara del perímetro originario del lago, anterior al inicio de los procesos de transformación agraria, que utilizaremos en el análisis de escenarios de futuro.

En base a la delimitación marcada por la línea de aterramiento y al funcionamiento hidrológico constatado se identifican algunos de los Tancats existentes alrededor del lago. Se incluye a continuación un plano de situación, seguido de una tabla con la relación de los "tancats" cuya denominación hemos podido identificar.

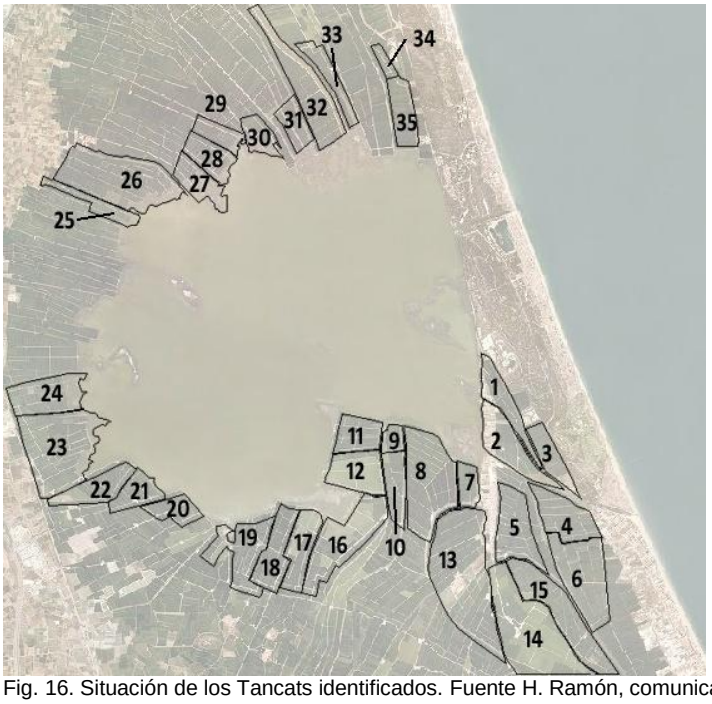


Fig. 16. Situación de los Tancats identificados. Fuente H. Ramón, comunicación personal.

Referencia	***Nombre***	***Referencia***	***Nombre***
1	De L'Olla	18	d'Emilia
2	L'illa	19	Peret
3	L'Alcatí	20	Menut
4	Piules	21	Baixauli
5	Establiment	22	Farfall o Amarguet
6	Recatí	23	Foia
7	De les rates	24	Ratlla
8	Baldoví i Cagonera	25	Torreta ampla
9	L'Abadejo	26	Torreta estreta
10	de la Taüt	27	Sequiasset
11	El Campot	28	Dulero
12	Pasiego	29	Panblanco
13	Fangar i Rei	30	Germanells
14	Estell	31	dels Pescadors
15	Roca	32	Pipa i Sardina
16	Sacarés	33	Noi
17	Les Basses	34	Foro
		35	Cavil·les

Es también de sumo interés conocer el sentido de los flujos de agua y los puntos de entronque de la red principal de riego para determinar cómo y por dónde se efectúan los aportes a los arrozales de los Tancats y, en consecuencia, evaluar la incidencia en la calidad de los recursos hídricos de los mismos en función de su procedencia.

El sistema de riego de l'Albufera forma una densa red de canales alrededor del lago que no sigue un patrón regular. No forma un sistema en retícula sino que sigue un patrón de tipo dendrítico que aporta recursos al sistema desde distintos orígenes.

La Confederación Hidrográfica del Júcar cartografió en su momento la red de canales, determinando además los sentidos del flujo. El mapa incluido a continuación corresponde al trazado de la red hidráulica de l'Albufera.

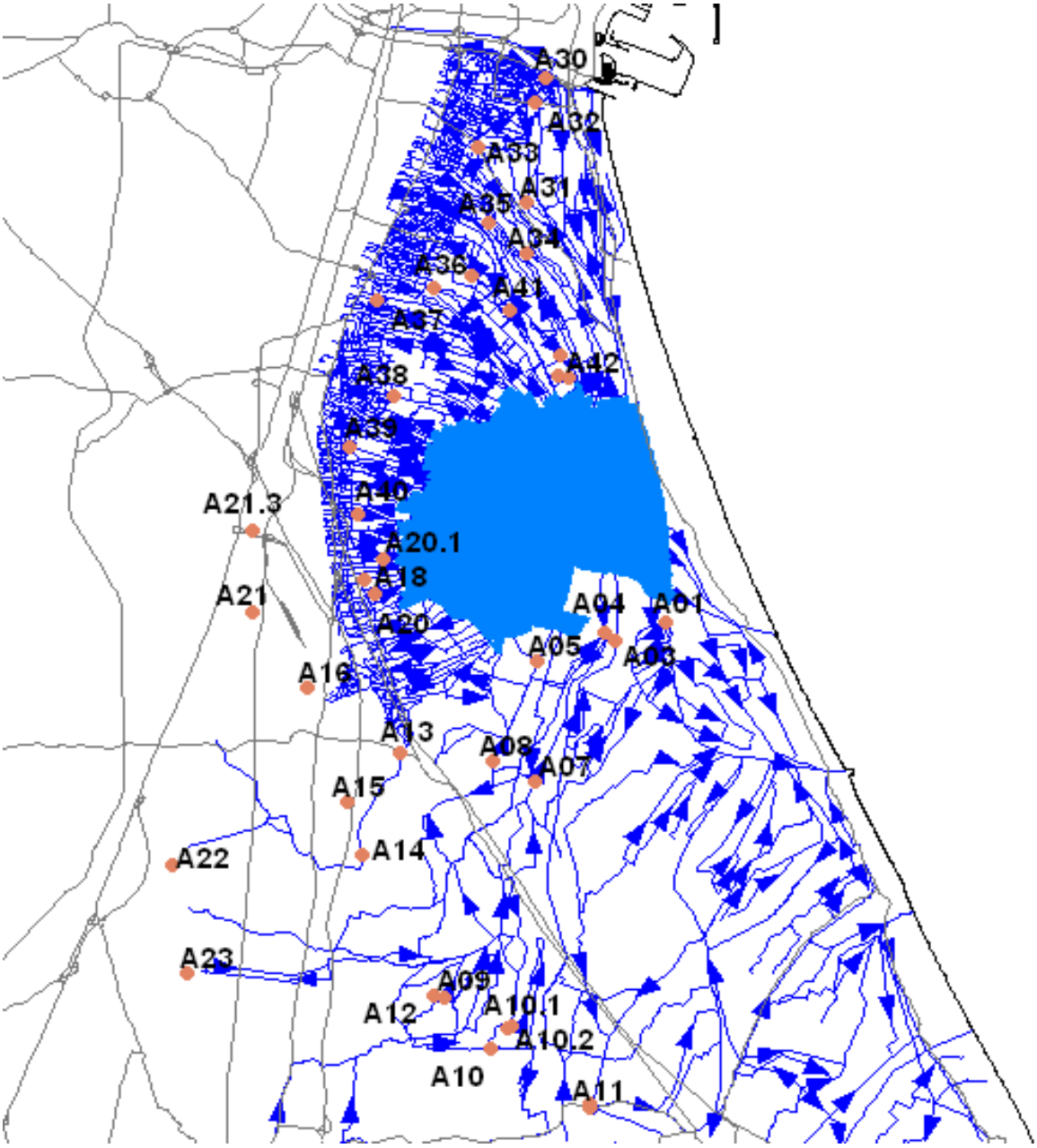


Fig. 17. Red de acequias con sus sentidos de flujo en el ámbito de l'Albufera. Fuente CHJ.

Resulta asimismo de interés describir el calendario de apertura y cierre de compuertas de la Albufera que regula el funcionamiento hídrico del sistema en base a los intereses del cultivo del arroz.

Las compuertas se abren generalmente el uno de enero para desaguar los campos inundados a primeros de noviembre, la denominada “aigua grossa” que afecta a toda la zona de marjal. Esta inundación tiene su justificación por una parte en las necesidades del arrozal, como método para degradar los restos vegetales y servir de abonado natural a los campos, y por otra en la actividad cinegética, ya que atrae hacia el marjal a las aves acuáticas, aumentando las capturas en los cotos de caza allí existentes.

Tras la apertura de las compuertas a primeros de enero ya sólo permanecen inundados los arrozales más próximos al lago, que permanecen en este estado hasta que en febrero se inicia el bombeo del agua acumulada, vertiéndolas a los canales que la llevan al lago. Las compuertas permanecerán abiertas hasta que alrededor del quince de abril se cierren y comiencen a inundarse los campos de nuevo, pero con un nivel no superior a los veinte centímetros adecuados para el arroz. El periodo de compuertas cerradas dura hasta la última semana de agosto, en que se abren para soltar el agua de nuevo y las motobombas achican los campos hasta desecarlos, para en septiembre segar el arroz, esta fase es la denominada de eixugó.

El día uno de noviembre se cierran de nuevo las compuertas para proceder a la inundación total de los arrozales con el “aigua grossa”, alcanzando hasta un metro de altura el agua en las zonas arroceras próximas al lago. Esta inundación termina en los primeros días de enero, y es el momento en que el lago presenta su máximo nivel, con una oscilación media entre el mínimo y el máximo de hasta 40 cm. Podemos resumir el ciclo de la siguiente forma:

Resumen ciclo del cultivo del arroz en los Tancats.

- Enero-febrero: Los campos se vacían de agua y se empieza “el fanguejat”.

- Marzo-abril: época de descanso de la tierra.

- Mayo-junio-julio: Siembra y período de crecimiento del cultivo con los campos inundados.

- Agosto-septiembre-octubre: En agosto los campos se secan (eixugó) y en septiembre se recolecta el arroz.

- Noviembre-diciembre: Inundación de los tancats debido al cierre de las compuertas en las golas.

5.1.6. Hidrodinámica del sistema Albufera

El estudio de la Universidad de Cantabria referido en el apartado interior contiene valiosa información sobre la dinámica de las aguas en el sistema de l’Albufera, mostrando los flujos dominantes de circulación y las tasas de renovación de las aguas.

Así el estudio muestra que las entradas de caudal a través de las acequias originan velocidades que, en términos medios, son del orden de unos pocos milímetros por segundo, concentrándose las más altas en la mitad oriental de l´Albufera, donde se recibe un mayor volumen de aportaciones. La proximidad de la gola de Pujol a la zona de mayores entradas origina, además, que los flujos principales del sistema se localicen también en esta área. Incluyen la siguiente figura mostrando este hecho.

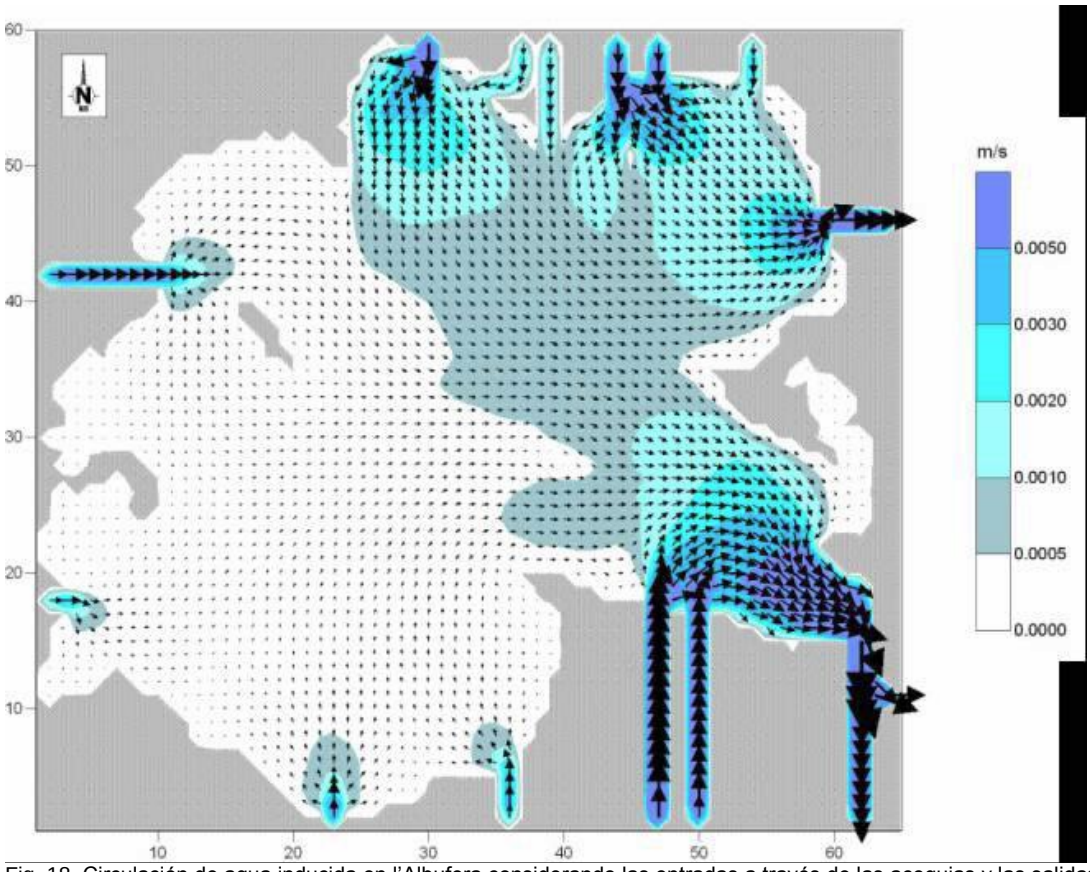


Fig. 18. Circulación de agua inducida en l'Albufera considerando las entradas a través de las acequias y las salidas por las golas. Fuente Álvarez Díaz, C. *et all*. 2010.

Indican por otra parte que el viento es capaz de generar velocidades del orden de algunos centímetros por segundo que inducen la circulación general en todo el lago, favoreciendo los procesos de mezcla. Asimismo, la acción persistente de los vientos dominantes produce sobre-elevación del nivel del agua y oleaje en el lago. La acción del viento genera así, en determinadas condiciones, la resuspensión de los sedimentos del lago, siendo en la zona sur donde las probabilidades de que se produzca dicho fenómeno son más altas. Algunas de estas zonas con mayor resuspensión son también las de mayor contaminación del sedimento. La siguiente figura muestra los resultados de la modelización de las velocidades medias generadas por un viento del NE de 10 m/s.

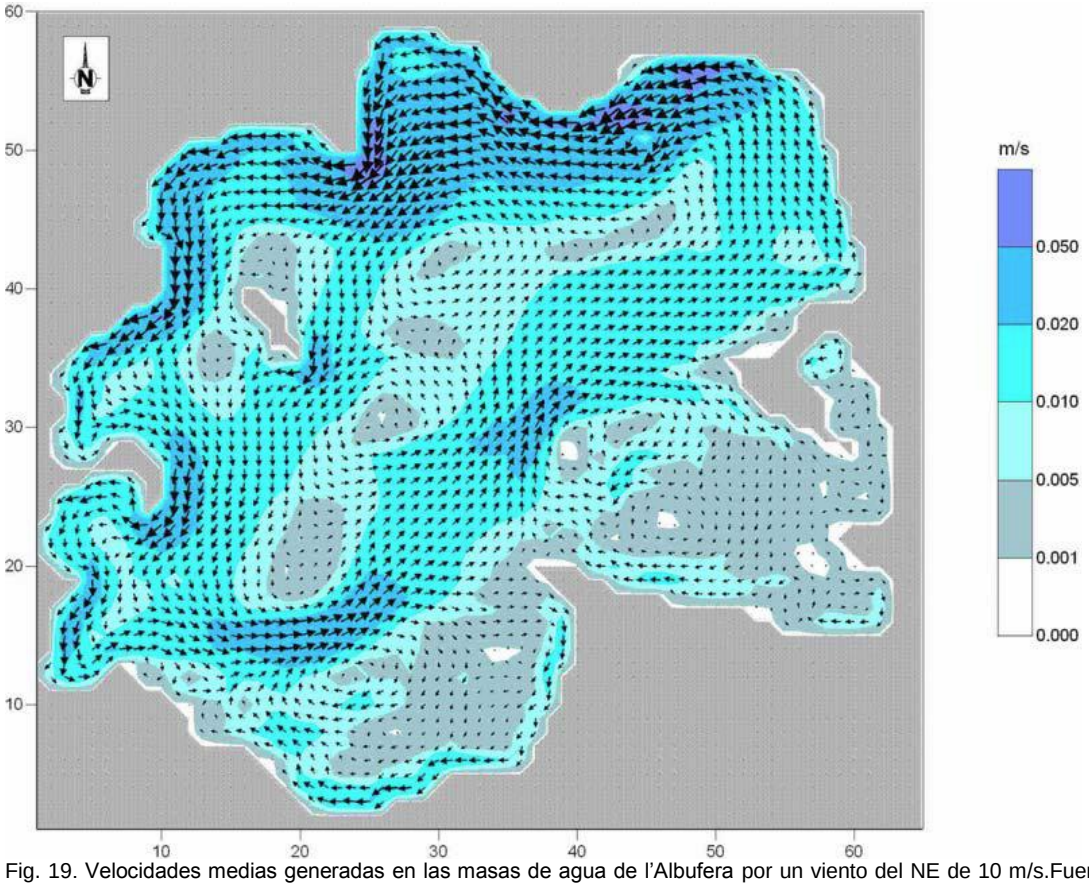


Fig. 19. Velocidades medias generadas en las masas de agua de l'Albufera por un viento del NE de 10 m/s.Fuente Álvarez Díaz, C. *et all*. 2010.

Resulta también de interés el resultado proporcionado por este estudio respecto a la posibilidad de resuspensión del sedimento por la acción del viento, que se muestra en el gráfico siguiente.

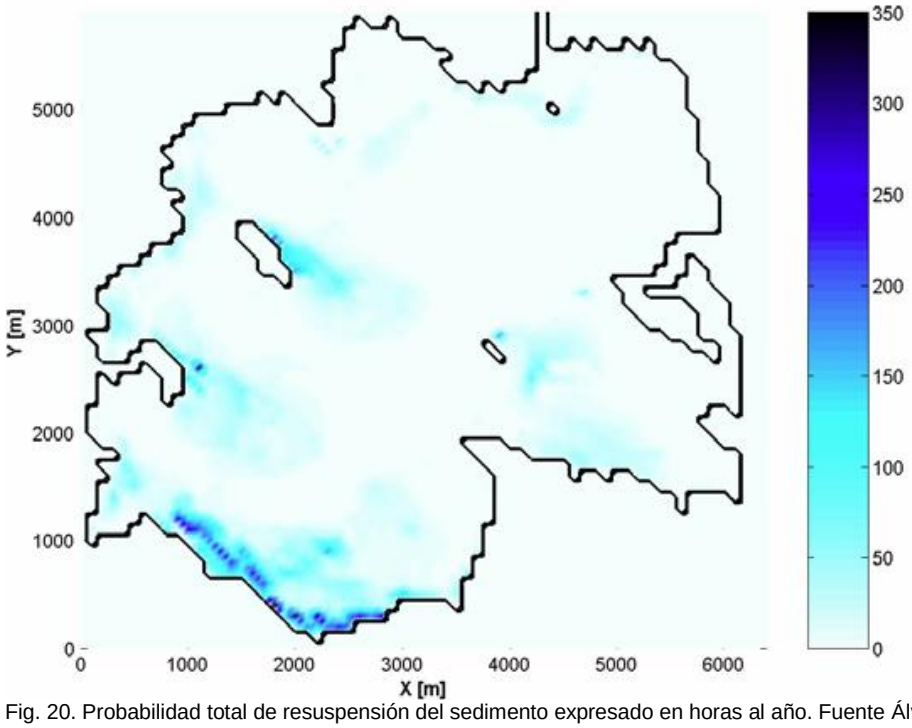


Fig. 20. Probabilidad total de resuspensión del sedimento expresado en horas al año. Fuente Álvarez Díaz, C. *et all*. 2010.

Resulta asimismo de gran interés determinar los tiempos de renovación del agua en el lago. Su comparación con la tasas de incorporación de nutrientes, la generación de materia orgánica en la propia masa de agua, o las tasas de renovación de la biomasa, permiten cuantificar los niveles de autodepuración del sistema, y plantear y valorar diferentes actuaciones de mejora medioambiental en la laguna y su viabilidad.

El referido estudio de la Universidad de Cantabria aporta un cálculo de la distribución de los tiempos medios de residencia del agua en el sistema Albufera. Los resultados muestran una compartimentación del lago, presentando la zona occidental tiempos de residencia máximos del orden de 1 mes, mientras que en la zona oriental, los tiempos de residencia superan ampliamente este valor. La zona suroeste del lago es claramente la que presenta una menor renovación. Estos resultados se reflejan en la siguiente figura.

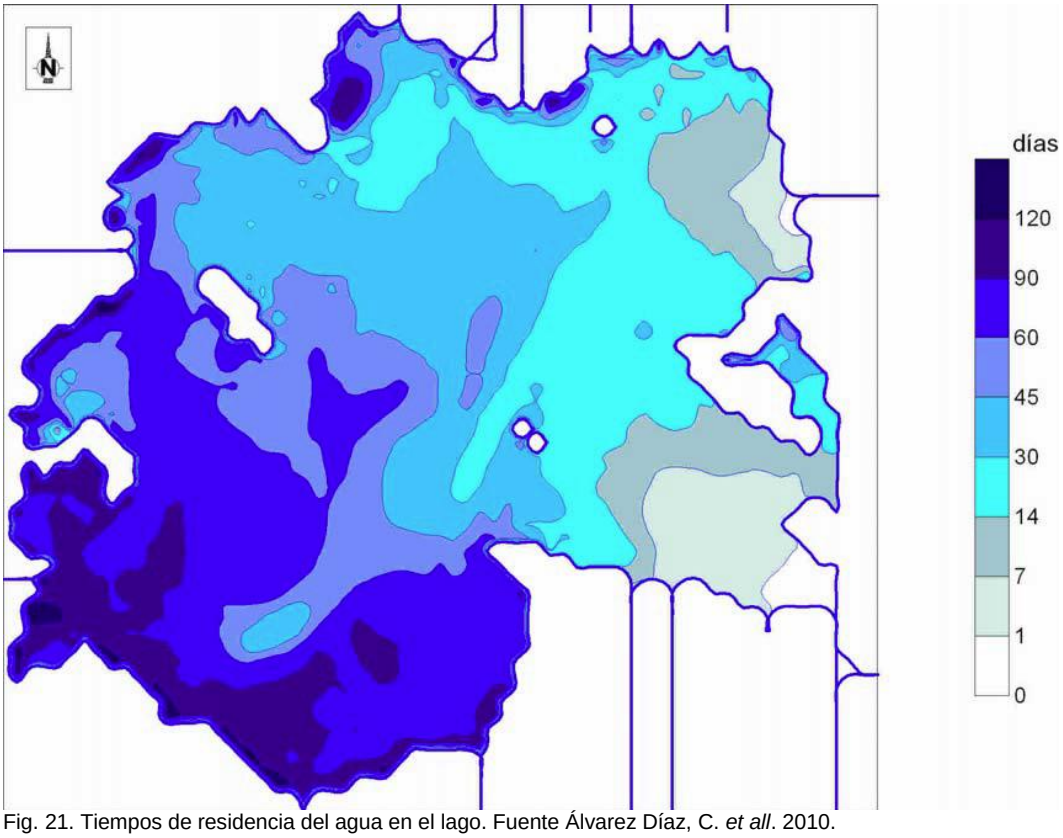


Fig. 21. Tiempos de residencia del agua en el lago. Fuente Álvarez Díaz, C. *et all*. 2010.

En conjunto, la renovación hidrodinámica media del lago la estiman en unas ocho veces al año aunque, como se ha indicado anteriormente, se distinguen dos espacios claramente diferenciados: la mitad oriental del lago, más próxima a las golas, cuya capacidad de renovación e hidrodinamismo es más alta, y la occidental, más interior y estancada. En esta última zona, constata este estudio que el tiempo de renovación puede llegar a superar los seis meses en algunos puntos.

5.1.7. Síntesis del funcionamiento hidrológico del sistema Albufera.

A la vista de los estudios recopilados y expuestos anteriormente en este apartado y para una mejor comprensión, procedemos a sintetizar la información, ofreciendo una imagen esquemática del funcionamiento hidrológico del sistema Albufera.

Así, concretaríamos los siguientes aspectos básicos:

- El sistema hidrológico de l'Albufera de Valencia, en su configuración actual, depende mayoritariamente de los aportes de recursos hídricos provenientes de los sistemas de regadío del Júcar y, en menor medida, del Turia. Para un año promedio podemos observar que según datos de J.B. Marco *et all.* (Marco Segura, J.B. *et all*.; comunicación personal), los caudales provenientes de escorrentía superficial que llegan al lago de l'Albufera ascienden a 14,6 Hm^3, a lo que se añadirían 37,7 Hm^3 provenientes de la precipitación directa y 12 Hm^3 provenientes de escorrentías superficiales urbanas, mientras que a través de los sistemas de riego del Júcar y el Turia se aportan al lago un total de 229 Hm^3. Si añadimos los 11 Hm^3 de vertidos directos sin depurar tenemos que el 78% de los aportes de caudal al lago de l'Albufera tiene origen antrópico y son dependientes del manejo humano.

- Ello implica que l'Albufera, en su configuración actual de sistema de agua dulce no puede mantenerse de ningún modo con los aportes provenientes de su cuenca vertiente. Cabe recordar que el sistema en su configuración natural es un lago de agua salada con aportes marinos a través de las golas, por lo que los aportes de escorrentía en este caso también tenían un papel secundario.

- Este hecho implica una dependencia estricta del sistema del manejo humano, especialmente del regadío. El análisis de la posible evolución futura de la actividad agrícola en el ámbito de influencia del sistema de l'Albufera que, visto lo expuesto, no se circunscribe a su entorno inmediato ni siquiera a su cuenca vertiente, sino que estaría vinculado a esta y a los sistemas hidrográficos de los que dependen los aportes de recursos para regadío, cobra así una extrema importancia. No solo las posibles disminuciones de recursos por cambio climático sino que también las variaciones en los excedentes de riego derivadas de los cambios tecnológicos en los métodos de riego influirán en el volumen de recursos disponibles para el sistema del humedal. Abordaremos las proyecciones de futuro para esta actividad en otros apartados de esta tesis.

- Asimismo, el análisis de las repercusiones de los procesos de cambio climático se vuelve más complejo, al no poder establecerse un análisis simple del efecto de la posible disminución de la pluviometría sobre las escorrentías y los recursos subterráneos aportados al sistema. La dependencia de los sistemas de regadío modula la variabilidad natural complicando notablemente el análisis de la incidencia de estos procesos. No obstante la conclusión que se alcanza en el análisis de los años de sequía es que las disminuciones pluviométricas provocan una disminución no lineal en la disponibilidad de recursos, que no es compensada por los cambios tecnológicos en los sistemas de riego.

- Sin embargo, esta dependencia de los sistemas de riego proporciona herramientas de manejo que permitirían una gestión hídrica encaminada a adaptar el sistema a las nuevas condiciones climáticas, en el caso de que se opte por mantener el sistema en su configuración actual.

En el correspondiente apartado de este documento se analizan las posibles repercusiones de los procesos de cambio climático global en el funcionamiento hidrológico del sistema.

5.1.8. La calidad del recurso hídrico en el sistema de l'Albufera.

Evaluada en el epígrafe anterior la disponibilidad y gestión del recurso hídrico en el sistema de l'Albufera pasamos ahora a considerar otro aspecto de fundamental importancia en cuanto a la evaluación de este: la calidad.

Este aspecto reviste especial interés en un sistema hidrológico como el estudiado, sometido, como se ha reiterado, a fuerte influencia antrópica desde tiempos históricos, influencia esta que se traduce inevitablemente en una degradación de la calidad del recurso. Por un parte encontramos unas fuentes de contaminación directa, derivada del gran volumen de caudales residuales con fuerte carga contaminante que recibe el sistema, consecuencia de su ubicación en una zona densamente urbanizada y con fuerte actividad industrial. Por otro lado encontramos fuentes de contaminación difusa, consecuencia del uso agrícola intensivo, que ha ido aportando al sistema elevadas cargas de nutrientes y de sustancias orgánicas tóxicas, que han convertido l'Albufera en un sistema eutrófico.

Para la evaluación de los niveles de calidad del sistema se han utilizado por un lado las series de datos analíticos recogidas por la Conselleria competente en materia de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, agradeciendo especialmente a nuestra compañera Concha Calatayud su amabilidad al proporcionarnos estos valiosos datos, fruto de una larga labor de control. Por otro lado, se han considerado, a efectos de determinar la situación actual del sistema a este respecto, los datos recopilados por la Confederación Hidrográfica del Júcar en el marco del programa de vigilancia que este organismo lleva a cabo actualmente en el ámbito de l'Albufera.

Las series históricas de datos proporcionadas por la Conselleria competente en materia de Medio Ambiente abarcan un amplio abanico de parámetros y un intervalo temporal amplio, que se inicia en 1972 y finaliza en 2006, aunque presenta gran discontinuidad en los datos. De hecho, es a partir de 1993 cuando las series empiezan a presentar una mayor continuidad y se ha optado por considerar principalmente este intervalo temporal como referencia.

Estas series contienen mediciones de los siguientes parámetros de calidad del agua:

Parámetros físicos:

- pH
- Sólidos en suspensión
- Temperatura
- Conductividad

Parámetros químicos:

- DBO5
- DQO
- Oxígeno disuelto
- Fosforo
- Nitritos
- Nitratos

- Amonio
- Cloruros
- Clorofila A
- Zinc
- Cobre
- Mercurio
- Cadmio

En el anexo I de este estudio se incluye el análisis estadístico de los resultados analíticos, su representación gráfica, así como la valoración de los mismos. El análisis estadístico considera los valores promedio, máximos y mínimos, la desviación estándar y el número de veces que se superan los valores de referencia que hemos adoptado a partir de los proporcionados para cada parámetro por la publicación “Guía para la Elaboración de estudios del medio Físico” (Aguiló *et all*. 1993).

A continuación incluimos las valoraciones obtenidas en dicho anexo respecto a cad parámetro.

- Temperatura y pH.

Los valores de temperatura muestran las lógicas variaciones correspondientes a los ciclos estacionales, alcanzando los valores máximos a finales de agosto y los mínimos en febrero, en lógica correspondencia con los ciclos de calentamiento solar y la inercia térmica de las masas de agua. Los valores extremos se sitúan en los 10ºC de mínima y los 30ºC de máxima. Los análisis de tendencia muestran una ligera variación a la baja, aunque, dada la discontinuidad de los registros y la presencia de valores extremos, probablemente debidos a errores de medición, hacen poco fiable este resultado, que estaría en contradicción con las tendencias de calentamiento esperable por los procesos de cambio climático. Se analizará en esta tesis este parámetro en mayor detalle en otros apartados de este documento.

Las series históricas de datos correspondientes al parámetro pH son más continúas en el tiempo y muestran también un comportamiento oscilante, aunque no puede apreciarse un patrón regular. Los valores máximos parecen alcanzarse en la mayoría de los casos en los meses veraniegos, en coincidencia con los máximos de temperatura, aunque no es siempre así. Consideramos dos supuestos para explicar este comportamiento. Por un lado podría estar vinculado a los niveles máximos de evaporación que podrían producir el aumento en el contenido de carbonatos ya presente en las aguas. Por otro lado podría estar vinculado a los ciclos en el aporte de caudales, derivados de los ciclos anuales de riego o a la entrada de aguas marinas. En todo caso los valores máximos de pH alcanzan niveles de basicidad muy altos, cercanos a 10 en varios episodios, la mayoría comprendidos en el periodo entre abril y julio.

- Sólidos en suspensión y oxígeno disuelto.

Los valores de las series históricas del parámetro Sólidos en Suspensión muestran una fuerte variabilidad. Aunque parece apreciarse una cierta ciclicidad en su evolución temporal, no parecen seguir un patrón definido. Los valores se mueven en el intervalo entre los 50 y 100 mg/l, alcanzando puntalmente valores más extremos, de hasta 400 mg/l,

que no podemos determinar si corresponden a errores de medición o a episodios excepcionales de aportes de materiales en suspensión, vinculados normalmente a situaciones de avenidas torrenciales.

En cuanto a los valores de oxígeno disuelto, la observación de las series de valores revela que estos presentan también una fuerte variabilidad, vinculada principalmente a la temperatura del agua, que condiciona la solubilidad del gas, así como a otros factores puntuales como puede ser aportes puntuales de materia orgánica, la acción del viento o la llegada de caudales importantes en situaciones de lluvia que provocan la renovación de la masa de agua del lago. Los valores extremos para este parámetro oscilan para las distintas estaciones dentro del intervalo entre los 10 y los 20 mg/l, aunque se presentan valores extremos, tanto inferiores, llegando a 0, como superiores alcanzando valores de 70 mg/l, que no cabe descartar que correspondan a errores de medición.

- Conductividad y cloruros.

Los valores de conductividad se sitúan en la mayor parte de la serie histórica entre los 1.000 y los 2.000 mS cm^{-1}. Se aprecian en el periodo comprendido entre los años 1994 y 1995 valores extremos que llegan hasta los 5.000 mS cm^{-1}. Los valores presentan cierta variabilidad temporal apreciándose que los máximos corresponden en la mayoría de los casos con los meses del periodo estival, coincidiendo en los momentos de máxima evaporación y menores aportes al lago. En el apartado correspondiente a las amenazas a la calidad de los recursos se estudia en mayor detalle este factor y su posible evolución futura.

- DBO5/DQO.

Los valores de DBO5, representativos de la carga orgánica presente en la masa de agua del lago de l'Albufera, presenta según los datos considerados, valores elevados, correspondientes a aguas fuertemente contaminadas. Si consideramos según distintos autores que el umbral de 10 mg/l da paso a la consideración de una masa de agua como contaminada, debemos concluir que las aguas de la Albufera se encuentran durante la mayor parte del periodo considerado en un estado de fuerte contaminación, con valores promedio alrededor de 30 mg/l y valores máximos cercanos a los 100 mg/l, mientras que los mínimos se sitúan por debajo de los 10 mg, pero en muy escasas muestras. Los valores de DQO corroboran, como es lógico, tal situación de alta contaminación. Las líneas de tendencia muestran un progresivo descenso de los valores, coincidiendo con la creciente disponibilidad de estaciones de tratamiento de aguas residuales, que han reducido los aportes de aguas residuales sin tratar provenientes del cinturón urbano que rodea l'Albufera. Se trata por tanto de aguas que no cumplen las exigencias de calidad para albergar vida piscícola y deben mejorar todavía su estado.

- Fósforo y Clorofila a

Los niveles de fosforo de la serie histórica muestran valores habitualmente inferiores a 0,5 mg/l, aunque las tres estaciones muestran picos de valor no coincidentes en el tiempo, por lo que pueden ser atribuidos a vertidos puntales o, más probablemente, a errores de medición que no fueron depurados en su momento. Sin embargo sí que se observa fluctuación en su valor, con la presencia repetida de máximos cercanos al valor de 0.5 mg/l, aunque no sigue un patrón temporal definido. En todo caso se trata de valores muy

elevados en la mayoría de los casos, puesto que si tomamos referencias de autores como Wetzel, que clasifica como hipereutróficas masas de agua con valores de fosforo superiores a 100µg/l, encontramos que muchos de los valores registrados superan este umbral, acercándose como se ha indicado a los 500 µg/l

Las fuentes de este elemento en las masas de agua de l'Albufera se la constituyen principalmente los arrastres de los restos de fertilizantes utilizados en la actividad agrícola y, en menor medida, de vertidos de aguas residuales sin tratar. Sin embargo es importante resaltar que el mayor aporte de este nutriente en la actualidad proviene, tal y como muestran Álvarez Díaz *et all*. (2010), en su estudio, del reservorio existente en los lodos acumulados en el fondo del lago, que se halla, como se analiza en detalle más adelante, en equilibrio dinámico con la fase acuosa. El nivel de eutrofia detectado no se explica así sin la existencia de esta reserva, que proporciona aportes muy superiores a los que actualmente llegan a través de las acequias. En las condiciones anaeróbicas y reductoras (-150 mV) existentes en el fondo del lago, se produce una cierta liberación de fósforo, que puede ser resuspendido y actuar en la zona iluminada como nutriente. Este estudio cifra el aporte en unos 13,9 mg P/m2 día.

Los valores de clorofila A presentan en consecuencia una considerable variabilidad, con valores puntuales muy elevados, por encima de los 400 mg/l y muchos por encima de los 100 mg/l, que corresponden a auténticas explosiones algales, en consonancia con el carácter de sistema eutrófico del lago de l'Albufera. Los valores máximos de clorofila A muestran un alto grado de correlación con los picos de concentración de fosforo, corroborando la correlación entre los ciclos explosivos algales y las altas concentraciones de nutrientes.

- Compuestos Nitrogenados.

Los compuestos nitrogenados muestran también concentraciones elevadas, como corresponde a un sistema eutrófico como es el lago de l'Albufera. Así los valores de amonio se encuentran en muchos casos en valores superiores a 0,5 mg/l que podemos clasificar, según diversos autores, como típicos de aguas contaminadas. Presentan estos valores así mismo un comportamiento muy irregular en el tiempo, con altos valores pico, cercanos a los 4 mg/l, propios de aguas fuertemente contaminadas.

Los altos valores de compuestos nitrogenados se corresponden, como decimos, con una masa de agua hipereutrófica, y sujeta a oscilaciones derivadas de los aportes provenientes de su entorno, principalmente de la actividad agrícola y los vertidos de aguas residuales urbanas, aunque también debe tomarse en consideración los aportes provenientes de aguas subterráneas procedentes del acuífero de la plana de Valencia que presenta altos contenidos en nitratos.

Estos aportes de compuestos nitrogenados son metabolizados rápidamente por el fitoplancton; llegando en forma particulada al fondo, a través de las proteínas que sedimentan, y allí se amonifica, constituyendo, como en el caso del fósforo, un reservorio que garantiza la fertilización excesiva de las aguas y con ello la permanencia de las condiciones de eutrofia.

- Metales pesados.

En cuanto a los valores correspondientes a metales pesados, cabe considerar en principio su origen eminentemente industrial, que en el caso de l'Albufera se vincularía con la existencia de una importante área industrial en su cuenca vertiente, fundamentalmente en su cinturón urbano inmediato y en las áreas industriales situadas en el ámbito hidrográfico de la Rambla del Poyo. Son destacables en este sentido los valores de mercurio y zinc que aparecen en las tres estaciones, aunque cabe subrayar la discontinuidad de las series temporales de datos del registro utilizado, y la existencia de valores puntuales extremos que no es posible dilucidar en los distintos casos si corresponden a vertidos puntuales con fuerte carga contaminante o por el contrario se hallarían relacionados con errores de medición. En el caso concreto de los valores de cobre y mercurio se observa un episodio extremo en el entorno del otoño de 1993, que es sincrónico en las tres estaciones de referencia y que presenta valores altos de cobre y cadmio, cercanos a 90 mg/l, que cabe suponer vinculado a un vertido incontrolado de estos elementos en la masa de agua.

Son destacables los altos valores de zinc presentes regularmente en algunos de los puntos de muestreo, que remiten a aportes continuados de este metal, lo que cabe vincular a la fuerte implantación de industrias del sector de la galvanotecnia en la cuenca de l'Albufera, sobre todo en el ámbito del Barranco del Poyo.

En cuanto a la toxicidad de estos elementos cabe indicar que el rango de valores de toxicidad aguda por Zn para organismos de agua dulce varía desde 90 a 38.100 µg/l y es muy similar entre peces e invertebrados. Los resultados de test crónicos indican un rango amplio de valores, entre 47 a 852 µg/l, no pareciendo que la dureza del agua afecte mucho la toxicidad del Zn en peces. Se ha establecido para la perca de agallas azules (Lepomis macrochirus), un LC50 a 96 h en el Zn de 3,2 mg/l. La LC50 a 96 h del Zn para salmónidos es de 1 mg/l, aunque las concentraciones letales pueden variar desde 0,01 hasta 10 mg/l dependiendo de las especies y dureza del agua.

Respecto al cadmio, varios estudios de toxicidad crónica realizados demuestran efectos tóxicos del Cd en peces a concentraciones tan bajas como 0,5 a 1 µg/l.

El Cu a bajas concentraciones es un nutriente minoritario tanto para animales como plantas, pero es tóxico para la vida acuática a concentraciones aproximadamente entre 10 y 50 veces su nivel normal. La LC50 a 96 h se ha estimado en 0,30 mg Cu^{2+}/l en carpas comunes (Cyprinus carpio) pequeñas (3,5 cm) y 1 mg Cu^{2+}/l en carpas de 6 cm de longitud.

En resumen, los datos aportados corroboran el carácter de masa de agua fuertemente contaminada del sistema de l'Albufera, tanto en lo relativo a la presencia de materia orgánica como al alto contenido en nutrientes que la convierten en un sistema hipertrófico, así como la presencia de sustancias tóxicas para la fauna como son los metales pesados.

Los datos analizados en el epígrafe anterior corresponden a las series de registros obtenidos por la Conselleria de Medio ambiente que abarcan hasta el año 2006.

Los datos de la red de control que la Confederación Hidrográfica del Júcar mantiene en los últimos años en l'Albufera proporcionan un diagnostico actualizado de la situación. El propio organismo de Cuenca indica, a modo de resumen, que los resultados obtenidos

indican que la calidad biológica del lago se encuentra fuertemente dañada. Los efectos contaminantes de los residuos urbanos e industriales, del uso de pesticidas y de los aterramientos afectan irreversiblemente a la flora acuática, y por ello, a la fauna asociada.

Indican que actualmente, el lago es un sistema hipertrófico como consecuencia de entradas excesivas de materia orgánica alóctona y nutrientes inorgánicos.

Asimismo conviene remarcar la amenaza al sistema que constituyen los almacenamientos de sustancias peligrosas existentes en las instalaciones industriales presentes en la cuenca vertiente, que pueden ser movilizadas en caso de situaciones catastróficas y afectar gravemente al sistema.

En los siguientes apartados se analizan una serie de factores que se consideran determinantes para valorar la posible evolución de la calidad de los recursos hídricos del lago. Se epigrafían como amenazas, porque son parte de los factores que han determinado la evolución del sistema hasta su estado actual y su posible evolución futura.

Amenazas a la calidad del agua de l'Albufera. Procesos de salinización.

Aunque ya se ha tratado en otros apartados de este documento los aspectos relacionados con la presencia de altos contenidos salinos en las aguas de l'Albufera, la reciente publicación de la tesis doctoral de Héctor Moreno Ramón (Moreno Ramón, H.; 2013) ha arrojado luz sobre una problemática que ya se había tomado en consideración por diversos investigadores y gestores del espacio natural.

Este autor realiza en su estudio una detallada caracterización de las aguas del ámbito de l'Albufera, mediante la instalación de 133 piezómetros, la toma de muestras en la red de acequias y la caracterización de suelos mediante la consideración de 152 puntos de muestreo.

Concluye respecto a las características de las aguas aportadas a través de la red de acequias que en general la calidad del agua es buena y cumple con los valores mínimos estipulados para mantener el estado ecológico del lago. La gran mayoría de estas aguas las clasifica como cloruro sódicas con un nivel de salinidad medio alto y un nivel bajo de sodio, por lo que al aplicarse como agua de riego no presentan un riesgo de sodificación de los suelos. Asimismo constata que los niveles de cloruro de sodio disminuyen según se alejan del área del lago los puntos de muestreo.

Los datos obtenidos por este autor apuntan a que la salinidad de las acequias de la zona norte es mucho mayor que la de la zona sur, debido a la influencia de los aportes de la acequia real de Júcar que presentan unos niveles de salinidad bajos y moderan este parámetro en su zona de influencia. Las aguas procedentes de la depuradora de Pinedo y de la depuradora de Quart-Benageber presentan mayor salinidad, aunque su valor medio se encuentra por debajo del rango de salinidad considerado como umbral (2 dS m^{-1}).

Apunta asimismo el autor que la acumulación de sales al paso de las acequias por el interior del Parque Natural se debe a su juicio a la recirculación y los retornos de las aguas procedentes de los campos de arroz, siendo inherente al funcionamiento hídrico del parque y por tanto no muy difícil de corregir. Indica además que los factores de manejo

(inundación/ciclo de cultivo) y climáticos (evapotranspiración y precipitación) no tienen incidencia en los valores de salinidad de las acequias.

Respecto a los valores de conductividad eléctrica este autor indica que las aguas de l'Albufera presentan en general valores aceptables para el riego, aunque puntualmente y especialmente en una única zona geográfica consistente en el Tancat de la Pipa y Tancat de Modernista se producen filtraciones de la capa freática que elevan la CE hasta 14,4 dS m^{-1}. Un 15% de los puntos muestreados presenta valores de salinidad superiores a 2,6 dS m^{-1}, valor a partir del cual se considera que comienza a disminuir el rendimiento del cultivo del arroz.

Se indica que un 43% de las muestras se clasifican como cloruro-sódicas, con un nivel de salinidad medio-alto y un nivel bajo de sodio, por lo que no presentan riesgos de sodificación en los suelos por el agua de riego. El 38% de las muestras presentan sin embargo salinidades elevadas y el riesgo de sodificación es medio.

Indica asimismo que los ratios de intrusión marina no reflejarían este proceso de salinización sobre las aguas superficiales en lámina libre, aunque si se observaría en las mismas un enriquecimiento de iones cloruro y sodio respecto a las aguas muestreadas en las zonas situadas a mayor cota.

Por otra parte el estudio constata un aumento de la conductividad eléctrica con la cercanía a la costa y en los puntos de terreno más bajos. El ciclo de cultivo del arroz provoca incrementos de la salinidad, así como la evapotranspiración, que irá en aumento en el futuro por los procesos de cambio climático. Los valores obtenidos en la zona sur son algo mejores que en la zona norte en cuanto al grado de salinidad y temporalmente se observa una mejoría clara de la conductividad eléctrica durante los meses de inundación del ciclo del arroz.

En referencia a la situación de la capa freática se indica en el estudio que es el principal factor de salinización de los suelos en el sistema de l'Albufera, resaltando la influencia marina en el proceso. Los valores máximos obtenidos, cercanos a los propios del agua marina, indican la existencia de un flujo subsuperficial salino propiciado por el material arenoso de la restinga, produciéndose un flujo de entrada en sentido noreste-suroeste por la zona norte, achacando la diferencia entre los niveles de salinidad de la zona norte y la zona sur a que esta última recibe los aportes subterráneos del acuífero del Júcar y a su mayor capacidad de renovación frente a los del Turia, que son mucho más escasos.

Este estudio constata asimismo respecto de la clasificación de las aguas del ámbito del sistema Albufera que se pueden clasificar mayoritariamente como cloruro sódicas, con un nivel de salinidad de alto a excesivo (C4) y un nivel de sodio desde medio hasta muy alto, propiciando la acumulación de cationes sodio que pueden deteriorar progresivamente el suelo.

Se hace en este mismo estudio mención específica de los valores de salinidad alcanzados en los filtros verdes instalados en los Tancats de la Pipa y de Milia, indicando que estos presentan un problema de manejo que provoca el deterioro de la zona, advirtiendo que este deterioro podría afectar incluso a los tancats colindantes, disminuyendo el rendimiento de los cultivos si se producen depresiones en la capa freática derivadas del manejo hídrico

del sistema de filtros verdes. Recomienda el autor a este respecto monitorizar estas zonas, ajustando los flujos de agua para paliar este problema.

Respecto a los riesgos de salinización de suelos, este estudio indica que durante la fase de cultivo denominada “eixugó” se puede producir precipitación de sales en superficie por ascenso y evaporación de la capa freática. El estudio de la ausencia de lámina libre sobre la superficie del terreno no arroja diferencias respecto a su efecto en la disminución o aumento de la salinidad, por lo que concluye que para la profundidad de toma de muestra de capa freática la presencia o ausencia de lámina libre no disminuye su salinidad.

Se toma en consideración también el riesgo de intrusión marina en el humedal, indicando que, con los ratios de intrusión marina empleados, una cuarta parte de las aguas analizadas podrían catalogarse como salinas, siendo dicho valor mucho mayor si se considera únicamente el ratio cloro-sodio, lo que confirma la existencia de fenómenos de intrusión marina en el sistema de l’Albufera.

Los resultados analíticos contenidos en este estudio indican que la salinidad del agua freática se halla vinculada a la cota del terreno y la distancia al lago, de lo que deduce el autor que la masa de agua del lago condiciona de manera determinante los flujos de las aguas subterráneas, lo que determinaría que sean los tancats, situados en las cotas más bajas los que resulten afectados en mayor medida por los procesos de salinización.

Se indica asimismo que durante el cultivo del arroz se constata un claro deterioro de la calidad de las aguas freáticas, aunque este hecho puede verse condicionado por el manejo hidráulico del acuífero en sus partes más altas, en el entorno de l’Albufera. Así, las extracciones de caudales para el riego de cítricos y hortalizas en estas zonas pueden provocar el retroceso de la interfase agua dulce-agua marina. La presencia/ausencia de lámina libre no tiene influencia sobre la CE de la capa freática, atribuyéndolo a que el efecto de la lámina libre no llegue a 1,5-2,0 metros, que corresponde a la profundidad de entrada de agua en los piezómetros empleados en el estudio.

Uno de los aspectos de mayor interés contenidos en este trabajo es el estudio piezométrico realizado, con un nivel de detalle no aplicado anteriormente. Este estudio piezométrico indica que el flujo de agua freática confluye en la zona del tancat de la Pipa y que alcanza cotas mínimas durante el periodo de inundación del parque, al someterse este área a un manejo completamente diferenciado del de los tancats colindantes. Este manejo produce en la zona sur una disminución de la cota de la capa freática cuando comienza a funcionar el tancat de Milia. Concluye así a este respecto el autor que el manejo diferenciado de los filtros verdes provoca desajustes piezométricos respecto de la tendencia normal de la zona. Se constata asimismo que el flujo de aguas subterráneas en el sistema de l’Albufera presenta tres direcciones claramente diferenciadas. En la zona sur la influencia del Júcar provoca flujos suroeste- noreste mientras que en la zona norte encontramos un flujo en dirección noroeste-sureste y otro con dirección noreste-suroeste desde la zona de la restinga. Evaluando el riesgo potencial de salinización se indica que al combinar la cota de capa freática y la CE se constata que la zona con mayor riesgo es la norte, y muy especialmente en el área de los tancats, ya que en ellos la cota de la capa freática esta siempre a pocos centímetros de la superficie del terreno o incluso por encima de esta.

La salinidad de los suelos es mucho menor en los primeros 20 cm debido a que la lámina de agua presente en los campos de arroz desplaza el frente salino en profundidad, observándose por ello un aumento de la salinidad del suelo en los horizontes o capas más profundos. El autor indica que esta situación debería ser controlada, pues un incremento de la salinidad en la zona radicular puede provocar el desplazamiento de las especies vegetales actuales por especies tolerantes a la salinidad. La lámina libre en superficie, con bajos valores de CE, es el principal factor a la hora de contrarrestar la acumulación superficial de sales.

Concluye H. Moreno en su estudio (Moreno Ramón, H.; 2013) que el sistema de l'Albufera sufre un proceso de salinización que afecta a toda el área de los tancats, especialmente los localizados en la zona norte, manifestándose este proceso claramente durante todo el periodo de estudio, que abarcaba un total de tres años. Indica a su vez que teniendo en cuenta que en este periodo no se produjeron episodios de sequía intensa, la situación en un escenario de este tipo produciría problemas graves en el sistema. Los tancats, por su cercanía al lago y, sobre todo, por la cota a la que se encuentran, son los más susceptibles de salinización y aunque el cultivo del arroz tolera cierto grado de salinidad un manejo deficiente del sistema puede provocar la agudización del problema y la consiguiente amenaza para la supervivencia de este cultivo.

Nos encontramos pues, si se confirman las tendencias apuntadas en este estudio ante un fenómeno de gran importancia a la hora de configurar la posible evolución del sistema. El avance de los procesos de salinización de los recursos hídricos, sobre todo en la zona de los tancats, constituye un importante factor de cambio en el sistema. Si el proceso avanza acabaría por impedir el cultivo del arroz en esta zona de l'Albufera, lo que supondría un cambio sustancial en su dinámica.

Se abre en consecuencia una perspectiva de cambios significativos en el sistema dentro del horizonte temporal abarcado en este estudio. Si el incremento de la salinidad obliga a abandonar el cultivo del arroz en los tancats se abre una perspectiva que obligaría a replantear la gestión conjunta del sistema de 'l'Albufera, dada la gran influencia que el cultivo del arroz tiene en el funcionamiento del sistema.

El abandono del cultivo en los tancats modificaría drásticamente el funcionamiento hidrológico actual del sistema, puesto que actualmente el manejo de las compuestas viene condicionado totalmente por este con las fases de "perellonà" y de "eixugó", correspondientes al llenado y vaciado alternativo de la zona de tancats con agua del lago.

En el correspondiente apartado de este estudio se aborda el análisis de las consecuencias que estos procesos d salinización pueden tener sobre el sistema y las posibles opciones de gestión resultantes al respecto.

Amenazas a la calidad del agua de l'Albufera. La problemática de los lodos.

Los altos aportes de vertidos contaminantes que, como se ha indicado reiteradamente, ha soportado el sistema de l'Albufera desde la década de los 60 del siglo pasado ha conllevado un proceso asociado: El acúmulo de una ingente cantidad de lodos en el fondo del lago. Tales acúmulos, aunque inicialmente conllevan la lógica disminución de los valores absolutos de contaminantes disueltos o suspendidos en la masa de agua, implican

un grave riesgo, en cuanto se trata de un factor de deterioro de la calidad del recurso que permanece a lo largo del tiempo y amenaza de forma permanente la calidad de este.

Debemos por tanto considerar este importante factor condicionante, por lo que pasamos a incluimos aquí una descripción básica de este factor de amenaza (Confederación Hidrográfica del Júcar–TYPSA Consultor, 2003).

Como ya hemos avanzado al abordar la caracterización de los valores de nutrientes en las masas de agua del sistema, los ciclos de oxígeno y de nutrientes del sistema de l'Albufera están actualmente desequilibrados. El agua presenta un pH muy elevado, lo que hace que sus sedimentos retengan los metales pesados y nutrientes (fósforo) que recibe, convirtiéndolos en un almacén de materia en el sistema.

Los depósitos de lodos se constituyen así en un reservorio de sustancias contaminantes que, o bien establecen un equilibrio de intercambio con la masa de agua, o bien en determinadas circunstancias, como en situaciones de vientos fuertes, pueden producir una movilización brusca de importantes cantidades de sedimento con el consiguiente riesgo para el ecosistema.

Debido al gran crecimiento algal, se produce en la laguna una enorme cantidad de materia orgánica autóctona que se suma a la alóctona. La descomposición de ambas no se puede completar por la vía aerobia por lo que queda un importante remanente de materia orgánica sedimentada, parte de la cual sigue procesos de descomposición anaeróbica. Todo ello implica un sedimento reducido y con pH menores que 7, lo que facilita la fertilización interna por resolubilización del fósforo y redisolución de algunos metales a excepción de los que quedan temporalmente bloqueados en forma de sulfuros.

Así los vertidos de aguas residuales con elevadas cargas orgánicas no sólo aportan nutrientes inorgánicos directamente, sino que además generan una elevada demanda de oxígeno. Cuando dichas cargas orgánicas se mineralizan, los nutrientes liberados por este proceso se suman a los aportados de forma directa para alimentar la producción primaria del fitoplancton, con lo que se genera más materia orgánica que agrava el problema, respondiendo así a un típico patrón de retroalimentación positiva. Incluso en un escenario futuro de eliminación total de los aportes externos de materia orgánica y nutrientes, las altísimas cargas de los mismos acumuladas en los sedimentos supondrían una hipoteca a las posibilidades de recuperación de L'Albufera, ya que, por sí mismas, dichas cargas internas supondrían aportes suficientes para el mantenimiento de las condiciones de eutrofia durante un largo periodo. De hecho no se puede entender la situación de eutrofia de las masas de agua sin considerar los aportes de nutrientes provenientes de los lodos acumulados en el sistema, que son más significativos que los que actualmente llegan a este desde fuentes externas.

El estado hipertrófico de L´Albufera se refleja también en que los valores diurnos de pH del agua del lago rara vez son inferiores a 8.5, siendo muy frecuentes valores de 9.5 y excepcionalmente 10. Debido a ello, los metales pesados presentes en las aguas residuales industriales vertidas al lago se mantienen adsorbidos sobre los limos y arcillas que forman parte de los sedimentos en forma de hidróxidos por lo general insolubles. La liberación de sulfhídrico por la reducción respiratoria anaerobia de sulfatos en el sedimento anóxico facilita la inmovilización de los metales pesados, ya que se forman los sulfuros metálicos correspondientes, mucho más insolubles que los correspondientes hidróxidos.

En el supuesto de que el pH del agua y del sedimento superficial disminuyera significativamente, esto es, por debajo de la neutralidad, la oxidación de los sulfuros metálicos antes mencionados a cargo de la población bacteriana característica oxidadora del azufre (*Thiobacillus*, etc.) podría liberar los metales de los sedimentos y, al pasar a la fase soluble, afectar directamente a la fauna y flora en contacto con el agua de L'Albufera. Pero este proceso, que es complejo y susceptible de excepciones y matizaciones, difícilmente se producirá en un lago de aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas con suficiente reserva alcalina como es el caso de L´Albufera, ya que el sistema tiende a mantenerse en una franja de pH alcalina poco compatible con la solubilidad de los metales pesados.

Los altos valores de pH de las aguas del lago y la presencia de Ca^{2+} también influyen en la presencia de fosfatos en el mismo. En esas condiciones se produce la precipitación de apatito $Ca_5(PO_4)_3(OH)$. Según el equilibrio de disolución-precipitación del apatito, a un pH de 7, la concentración máxima de fósforo soluble es de 0,1 mg/l, mientras que a pH 6,5 es de 1 mg/l. Ello supone que a partir de las entradas de fósforo al sistema, se establecerá una competencia dinámica entre su precipitación química en forma de apatito, siempre que haya suficiente calcio disponible en las aguas, y su captura por la biomasa, especialmente por el fitoplancton y el bacterioplancton.

La solubilidad del apatito viene determinada por el pH pero este proceso de retirada de fósforo a pHs alcalinos siempre compite en desventaja con la incorporación activa del elemento por el plancton, que al estar controlada por transportadores de membrana es un proceso mucho más rápido que la formación de los complejos químicos de apatito.

Como el pH del agua viene controlado por el binomio reserva alcalina–actividad biológica y este último factor solo modifica en parte el equilibrio de los carbonatos, los valores de estas aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas nunca tendrán un pH menor del que les correspondería en ausencia de biota y, según las ecuaciones de estos equilibrios, nunca se alcanzarían valores de pH inferiores a 7.5-8.0. Por ello, cualquier mejora en el estado de eutrofia no supondrá una mayor disponibilidad de fósforo soluble en el sistema como consecuencia de la modificación del pH alcalino del agua, sino que la reducción de las entradas de este nutriente supondrá desde el primer momento un recorte de su disponibilidad y una limitación para el fitoplancton.

El Fe^{3+} también tiene un papel en la fijación del ortofosfato como fosfato férrico ($FePO_4$). No obstante, este papel sólo empieza a ser relevante a pHs inferiores a 6,5 ya que a pH superiores es el Ca^{2+} el que controla la solubilidad del ortofosfato a través de la formación de complejos apatíticos.

Dado que el pH de las aguas de L´ Albufera no puede alcanzar en ningún caso valores tan bajos debido a la propia composición de las aguas de entrada al sistema, no será necesario tener en cuenta este proceso de precipitación de $FePO_4$ en las aguas. Sin embargo sí debe considerarse para los sedimentos, donde sí puede tener importancia, pues la estabilidad de los fosfatos de hierro se ve influida por la presencia de sulfhídrico, que al capturar el hierro en forma de sulfuros que acaban estabilizándose como pirita, deja libre al fósforo que pudiera estar bloqueado como fosfato de hierro, por lo que tiende a solubilizarse en las aguas.

Aunque una situación hipotética de reducción de pH de las aguas de L´Albufera pudiera proporcionar más fosfatos al sistema, lo cierto es que si esa situación conlleva aparejada la existencia continua de una fina capa aerobia en el sedimento superficial, se podría detener el flujo de fósforo soluble. Esto sería debido a la posible presencia de hierro reactivo en la zona óxica, en forma de oxihidróxidos $Fe_2O_3(H_2\ O)[FeOOH]_n$, que tienen gran capacidad de adsorción de ortofosfato. Aun así, esta adsorción de fosfatos depende del pH, siendo inferior a medida que el pH sube de 6.5. Si toda la columna de agua se mantuviera en condiciones aerobias, como es característico en los lagos someros, existiera Fe^{3+} disponible y el pH se situara en valores normales, se podría detener el flujo de fósforo por la acción bloqueante del hierro, lo cual, por otra parte, constituye la base de la técnica de adición de reactivos como FeCl al sedimento. Pero la realidad es que, en circunstancias de normalidad, el control del fósforo en L´Albufera vendría principalmente dado por el calcio.

En todo caso, la acumulación de lodos en el sistema genera un problema de difícil gestión y con un horizonte temporal muy prolongado. No existen soluciones ingenieriles sencillas que permitan su resolución inmediata, aunque estas, en forma mayoritariamente de operaciones de dragado, se han propuesto reiteradamente desde diversos ámbitos autorizados. Tales operaciones de dragado, aunque técnicamente viables, adolecen de una problemática inherente que radica en dos factores determinantes: el elevado coste económico y el riesgo de provocar durante su ejecución un aumento brusco de los niveles de contaminación de los recursos hídricos del sistema al movilizar los metales pesados y otros compuestos tóxicos secuestrados en el sedimento.

El coste económico de un dragado completo del lago de l'Albufera resultaría por sí mismo disuasorio, aunque no inviable. Aunque no disponemos de datos exactos sobre su coste, sí que es conviene remarcar que existe tecnología adecuada para llevar a cabo tal actuación y que existe una experiencia técnica previa a este respecto en otros países. En todo caso, de asumirse un proyecto de este tipo, este debería abordarse en una perspectiva temporal a largo plazo, en una programación con un plazo de ejecución dilatado.

En todo caso habría que tomar en consideración lo indicado a este respecto por Álvarez Díaz *et all*. (Álvarez Díaz *et all*., 2010) que simularon en su estudio el efecto sobre las concentraciones de clorofila de la eliminación completa de los sedimentos del lago, encontrando que aunque se producía una reducción sustancial de estos valores, estos seguirían siendo suficientes para mantener condiciones de eutrofia, ya que se situarían en un valor de 67 µgclha/l.

Resulta de gran interés para completar la caracterización de la situación actual respecto de la problemática de los sedimentos acumulados, el estudio realizado por Hernández Crespo (Hernández Crespo, C; 2013).

En este se indica por una parte que los resultados obtenidos para el sedimento superficial confirman los aspectos referidos anteriormente en este apartado, como los altos contenidos de materia orgánica y concentraciones de metales pesados que varían entre niveles de enriquecimiento mínimo y significativo. Por otro lado, aporta nueva información sobre los sedimentos, como la presencia de sulfuros ácidos volátiles (AVS) en concentraciones apreciables (8.45-48.50 $\mu mol \cdot g^{-1}$), suficientes para mantener los metales pesados estudiados inmovilizados en forma de sulfuros metálicos.

Asimismo indica que se ha identificado una zona central diferente del resto, con mayores valores de las variables generales (humedad y materia orgánica) y menores valores de AVS. Estas características parecen estar determinadas por la proximidad de los puntos a las matas de vegetación palustre, que son fuente de materia orgánica, al tiempo que pueden mantener unas condiciones favorables para la oxidación de AVS. Indica que el resto de zonas analizadas en una primera fase presentaron resultados similares para estas variables.

También aporta datos respecto a la variación temporal, entre muestreos, de las variables humedad y materia orgánica, variabilidad que considera poco significativa, mientras que la concentración de AVS presentó una variación temporal importante. Entre el primer (mar-07) y segundo (sep-07) muestreos constató una disminución significativa en los puntos del lago, para mantenerse en los niveles del segundo o incluso aumentar ligeramente en algunos puntos en el tercer muestreo (sep-08), de lo que concluye que permanecieron estables dentro de un amplio rango de variación. La variación experimentada entre finales de invierno y finales de verano no presentaba dependencia de la temperatura (mayor producción de sulfuros a mayor temperatura), de lo que deduce que la temperatura no ejerció una influencia muy importante sobre la concentración de AVS en el lago.

Para los puntos de muestreo situados en el entorno del lago constata concentraciones muy altas de AVS para contenidos de materia orgánica similares a los del lago, con concentraciones de AVS superiores a 100 $\mu mol \cdot g^{-1}$ y de materia orgánica en torno al 16%. En estos puntos, la variación de AVS sí presentaba un aumento con la temperatura, aumentando de mar-07 a sep-07, disminuyendo de sep-07 a sep-08.

Hernández Crespo (Hernández Crespo, C; 2013) evaluó a su vez la contaminación del sedimento por los metales pesados Cd, Cu, Ni, Pb y Zn. A partir de los resultados obtenidos concluye que en el momento en el que se realizaron los muestreos existía una reserva de AVS suficiente para mantener los metales inmovilizados en la fase sólida del sedimento, en forma de sulfuros metálicos, por lo que según este indicador no deberían ejercer un efecto tóxico importante. No obstante, en algunos puntos del lago las concentraciones totales de algunos de los metales estudiados (Cd, Ni y Zn principalmente) detectadas fueron elevadas, situándose próximas a los PEL y con valores altos de los índices de contaminación. Los puntos más contaminados en el lago se encontraban situados próximos a las desembocaduras de acequias que reciben aportes de aguas residuales tratadas. En el entorno se encontraron puntos con concentraciones de metales extraordinariamente altas.

Por todo ello, concluye Hernández Crespo (Hernández Crespo, C; 2013) a este respecto que los sedimentos no pueden considerarse no tóxicos o poco contaminados ya que, a pesar de la disponibilidad de AVS, los metales pueden movilizarse a otras fases más lábiles en caso de un aumento de las condiciones de oxigenación, que pueda dar lugar a la oxidación de los AVS, o ser bioacumulados por diferentes organismos en función de sus hábitos alimentarios.

En cuanto a la evolución de la concentración total de metales pesados, se indica que no se observa una disminución significativa de las concentraciones respecto a las medidas en 1999 por Peris y Requena, pese a las actuaciones emprendidas para mejorar la calidad de los afluentes al lago. La autora lo atribuye a que el sedimento extraído representa una mezcla del analizado en dicho estudio y el nuevo material sedimentado desde ese año,

además de que puede encontrarse mezclado debido a la facilidad de resuspensión y posible redistribución que se dan en el lago. En este sentido, la calidad de los afluentes del lago puede verse deteriorada a su paso por algunas de las acequias que presentan altos niveles de contaminación.

Por otra parte, Hernández Crespo (Hernández Crespo, C; 2013) realiza también un interesante estudio del perfil en profundidad del sedimento del lago de la Albufera, del que concluye lo siguiente:

1. En relación con el análisis del agua intersticial destaca las elevadas concentraciones de nitrógeno amoniacal (> 40 mg $N \cdot L^{-1}$), las cuales indicarían una baja disponibilidad de oxígeno para que pueda tener lugar el proceso de nitrificación así como una alta capacidad potencial de liberación de amonio hacia la columna de agua. Las concentraciones detectables de Zn disuelto resultaron no tóxicas en base al criterio de calidad del agua intersticial, e indicaron una gran capacidad del sedimento para inmovilizar metales, aunque no consigue inmovilizar de forma completa este metal.

2. Respecto al sedimento confirma una conclusión general ya apreciada en para el sedimento superficial, relacionada con la diferencia existente entre los puntos perimetrales y el punto central, identificada tanto en las características generales del sedimento como en los niveles de AVS y metales.

3. Se constata un cambio progresivo del sedimento a un estado más oxidado, en el periodo abarcado por el estudio (2007- 2012). Se indica que la concentración de AVS ha experimentado una disminución significativa entre muestreos y en relación con los resultados de la fase superficial. La apreciación de un aclarado de los sedimentos, y la observación de unas mejores condiciones de oxigenación en el agua sobrenadante son también indicadores del cambio observado.

4. La evaluación de la contaminación por metales pesados la realiza mediante los indicadores ya empleados para el sedimento superficial. En base a las tres herramientas empleadas la autora indica que en dos de los puntos de muestreo el indicador presentó valores asociados a sedimentos que no producen efectos tóxicos. En contraste, las concentraciones totales de metales entre la superficie y 25 cm de profundidad alcanzaron niveles de toxicidad probable según las SQGs, especialmente para níquel y zinc. Por tanto, concluye, en estos puntos los sedimentos no deben ser considerados como no tóxicos o de bajo riesgo de producir efectos adversos sobre la comunidad biológica. En todo caso indica que para una evaluación del sedimento definitiva sería conveniente complementar las analíticas realizadas con evaluaciones de la respuesta biológica, mediante bioensayos y/o análisis de la bioacumulación en la fauna del lago.

5. En otro de los puntos de muestreo encuentra concentraciones bajas de los metales estudiados, situándose por debajo de los PEL y en niveles correspondientes a las concentraciones de fondo en todo el perfil. Indica que los resultados de este punto junto con los correspondientes a las capas más profundas de los puntos 1 y 11, podrían considerarse como los niveles de fondo para los sedimentos del lago. Por consiguiente, propone los siguientes niveles de fondo: Cd (0.3 $mg \cdot kg^{-1}$), Cu (17 $mg \cdot kg^{-1}$), Ni (20 $mg \cdot kg^{-1}$), Pb (21 $mg \cdot kg^{-1}$) y Zn (63 $mg \cdot kg^{-1}$).

6. Mediante ensayos de agitación del sedimento en condiciones aerobias para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno del sedimento, Hernández Crespo constata que el sedimento ejerce una demanda de oxígeno importante, especialmente en una capa superficial de unos 20 cm de espesor, en torno a los 16 $mg \cdot g^{-1}$. Adicionalmente, evaluó la liberación de nutrientes (N y P) y Zn al agua. La liberación detectada de fósforo en esta capa la considera importante en dos de los puntos de muestreo (58 $mg \cdot kg^{-1}$) y (120 $mg \cdot kg^{-1}$) mientras que fue menos importante en otro de los puntos (4 $mg \cdot kg^{-1}$). El nitrógeno se liberó de forma similar en los tres puntos (0.76, 0.62, 0.68 $g \cdot kg^{-1}$ en 1, 6 y 11 respectivamente). En ambos casos, N y P, la liberación medida supuso porcentajes considerables de las concentraciones totales del sedimento medidas en otros estudios. En el caso del Zn la liberación fue detectada únicamente en los puntos 1 y 11, con valores máximos de 7.4 y 12.5 $mg \cdot kg^{-1}$, representando una liberación respecto al metal total considerablemente inferior (≤5%) que la medida para nitrógeno y fósforo. Estos resultados pondrían de manifiesto la capacidad del sedimento para aportar nutrientes y, en menor medida, zinc, especialmente en momentos en los que se produzca una resuspensión importante de sedimento, retrasando así su recuperación. De los valores medios de los 10 cm más superficiales estima una reserva de nutrientes y de zinc potencialmente liberables de 2.9 g $P \cdot m^{-2}$, 29.3 g $N \cdot m^{-2}$ y 0.25 g $Zn \cdot m^{-2}$.

Concluye finalmente esta autora que en los doce años transcurridos desde el último estudio llevado a cabo sobre los sedimentos no se observan cambios significativos en las concentraciones de metales pesados en los sedimentos del lago de la Albufera, relacionando este hecho con la vulnerabilidad a la resuspensión y posible redistribución de los sedimentos. Este hecho sería el que dificultaría una mejora en cuanto al contenido de metales en los sedimentos más recientes, que cabría esperar por las medidas ejecutadas de recuperación del lago ejecutadas en este periodo. El sedimento constituye un elemento retardador de la recuperación ambiental del lago.

Este hecho resulta de un interés fundamental a la hora de proyectar la futura evolución de los niveles de calidad de los recursos hídricos del lago, puesto que estos se verán condicionados por el efecto reservorio que ejerce la capa de sedimentos del fondo del lago, contrapesando la eficacia de las medias de mejora, sobre todo vinculadas al tratamiento de las aguas residuales que se vienen implementando en el entorno del humedal.

Amenazas a la calidad del agua de l'Albufera. La problemática de los vertidos sin depurar.

La situación expuesta respecto a la deficiente calidad del recurso hídrico en el sistema Albufera tiene origen fundamentalmente, como hemos reiterado, en los vertidos incontrolados que sobre todo a partir de los procesos de industrialización acelerada ocurridos a partir de los años 60 afluyen a este a través de la red de acequias.

Aunque evidentemente existe un importante componente derivado de la contaminación difusa originada en la generalización del consumo de fertilizantes químicos, que resultan en un aporte significativo de nutrientes y por tanto una contribución básica a la eutrofización del sistema, puede afirmarse que los vertidos urbanos e industriales constituyen el factor determinante en el progresivo deterioro en la calidad de las aguas de l'Albufera.

El proceso de deterioro se acelera a finales de los años 60 y principios de los 70, cuando acontece la desaparición brusca de la mayor parte de la población de macrófitos que existentes en el humedal.

Recogemos aquí por su interés el análisis que de este proceso realiza M. Mondría en su tesis doctoral (Mondría García, M.; 2010), en la que se describe, sobre la base de otros estudios cual fue el proceso de deterioro del lago acaecido entre finales de los sesenta y principios de los setenta del siglo pasado.

Así, indica este autor que se estimaba que a la Albufera llegaban a través de la red de acequias a principios de los setenta las aguas residuales sin tratar de una población de al menos 150.000 personas. Las acequias más contaminadas por materia orgánica eran Nova de Silla, Alfafar y Catarroja. Existían dos importantes focos de contaminación por detergentes: Catarroja y Nova de Silla. El nivel de detergentes de estas aguas en 1972 presentaba ya problemas para la supervivencia algunas especies de peces. Se constataba una reducción gradual de la contaminación de las aguas desde las zonas norte y oeste hasta la zona este del lago.

Recoge M. Mondría que prácticamente todos los canales estudiados por el IATA en 1974 llevaban al lago aguas con un contenido anormalmente alto de fósforo que oscilaba entre los 0,020 y los 0,533 mg/l de PO_4^- soluble. Este estudio puso de manifiesto la presencia de una elevada concentración de nitratos (33 mg/l) en la acequia Nova de Silla; el contenido de nitritos era de 0,13 mg/l, lo cual venía a indicar la existencia de un medio anaerobio en el que los nitratos se reducían a nitritos. Lo más sobresaliente según dicho trabajo eran los cambios de Nitrógeno en forma nitrato, que disminuía antes de septiembre y crecía bruscamente hasta octubre, mes en que volvía a disminuir bruscamente coincidiendo con una nueva proliferación de fitoplancton. Valores muy bajos de la concentración de oxígeno disuelto en acequias empezaban a ser algo común.

El proceso de deterioro del lago se inició a finales de los años 60. A primeros de los 70 se referencian valores de Clorofila a en torno a 15 mg/m3 con una tendencia clara hacia su incremento, llegando a 78 mg/m^3 en 1974. En esta época ya se constata que tal deterioro se debía fundamentalmente a los vertidos de aguas residuales urbanas procedentes de las poblaciones del entorno que alcanzaban el lago a través de la red de acequias.

En el tránsito del año 1972 al 1973 se produjo un apreciable aumento del contenido en clorofila lo cual señalaba un aumento de la eutrofización y la contaminación. La productividad y el contenido en clorofilas eran proporcionales a lo largo de casi todo el año; sin embargo, debido al alto nivel de radiación solar durante la primavera y el verano la productividad se mantenía en niveles altos, aunque el contenido en clorofila disminuía apreciablemente, quizás, por efecto de la temperatura (IATA, 1974). Los puntos con mayor contenido en clorofilas, y mayor productividad, correspondían a los de contaminación intermedia; es decir; en los puntos más limpios y en los más sucios el contenido en clorofila era menor que en algunas zonas intermedias. Este resultado podía resultar lógico puesto que en estos puntos la contaminación tenía un efecto fertilizante sin llegar a ser un factor limitante.

Según Benet (1983) en 1972, en cuestión de días, desaparecieron todas las caráceas del lago, tras una progresiva merma que venía sufriendo desde 1965.

Según el IATA (1974) “la vegetación netamente acuática como las caráceas (*Chara fragilis* y *Chara hispida*) o el *Myriophyllum verticilatum* había disminuido clara y progresivamente en los últimos cinco años, “a causa de la creciente eutrofización de las aguas, habiendo sido sustituida por una proliferación explosiva de algas microscópicas”. Actualmente ésta vegetación sigue absolutamente desaparecida del lago.

El estado de hipertrofia se generó como consecuencia del aporte masivo de vertidos contaminantes, tal y como concluían varios estudios científicos. Entre estos aportes contaminantes tuvieron una especial relevancia los provenientes de aguas fecales e industriales, los cuales excedieron la capacidad de autodepuración del lago, favoreciendo el desarrollo de las microalgas planctónicas y perjudicando con ello a las praderas de macrófitos. Benet en 1983, sin pruebas concluyentes, lanzó la hipótesis de la aplicación de “algún tipo de herbicida” como causa última del cambio de estado, hipótesis que también recoge el Plan Especial del Parque Natural de L’Albufera. Los estudios sobre plaguicidas realizados entre 1970 y 1973 pusieron de manifiesto algunas particularidades en la tendencia a la acumulación de los organoclorados en los estratos superiores de la cadena biológica. Dicha contaminación aumentaba al pasar del agua al plancton, plantas acuáticas, plantas ribereñas y peces: los contenidos en HCH, encontrados en las plantas acuáticas fueron análogos a los del plancton, pero los de DDT resultaron 1,4 veces superiores en las plantas.

En el caso de los insecticidas organofosforados se observó que la contaminación del agua y del plancton era muy semejante; en cambio, los niveles encontrados en peces fueron mucho más altos. La contaminación por Fention (plaguicida organofosforado), en la zona central de L’Albufera no alcanzó valores letales para la Daphnia magna, una de las especies más sensible a los insecticidas. En cambio, la de algunas zonas ribereñas, próximas a las desembocaduras de las acequias, sí que superó los niveles considerados letales para las daphnias durante los dos días siguientes al tratamiento.

En todo caso, durante muchos años con anterioridad a 1972, las cargas contaminantes debieron ser muy elevadas, dado el desarrollo urbano e industrial de los municipios circundantes y las evidentes carencias en materia de infraestructuras de saneamiento y depuración. Mondría aventura en su estudio dos circunstancias que permitieron retrasar varios años el cambio de estado en el lago:

- Las inercias de un sistema que, dominado por la vegetación sumergida, generaba hasta entonces unas condiciones ecológicas que tamponaban parcialmente el efecto negativo de la contaminación orgánica y por nutrientes.

- El efecto de dilución y lavado que se lograba gracias a los retornos de riego, especialmente los procedentes del río Júcar a través de la acequia Real del Júcar, que llegaban al lago en cantidades muy relevantes y con una excelente calidad.

El deterioro prosiguió en la década de los 80, puesto que continuaron los aportes de contaminantes, al no disponer de una red de saneamiento en condiciones.

M. Mondría sigue describiendo la situación del lago en los siguientes términos:

“Trabajos de la Universidad de Valencia de dicha época citan concentraciones del pigmento clorofila-a de 800 µg/l (mayo de 1981) y cerca de 700 µg/l (julio de 1983). En el

verano de 1985, a pesar del lavado conseguido con la apertura de las compuertas del lago, la biomasa excedió los 400 µg/l de clorofila-a alcanzándose, tras el verano, máximos de 625 µg/l (septiembre de 1985)".

El autor indica que comparando las cifras de producción primaria de L'Albufera con las referencias ofrecidas en los principales libros de limnología, podía pensarse que se trataba de uno de los lagos más hipertróficos del mundo, en todo caso sin equivalente en España en cuanto a la degradación de la calidad de sus aguas por eutrofización, como así lo confirman otros autores como E. Vicente y M.R. Miracle (Vicente, E. Miracle M.R., 1992). Las características propias de un sistema hipertrófico se manifestaban con claridad: altos valores de pH, alta turbidez y oscilaciones importantes en la concentración de oxígeno disuelto.

Se indica asimismo en este estudio que la conductividad alcanzaba puntas de 3500 mS/cm, valores todavía no excesivamente altos y que iban a ser superados en años muy secos de las décadas posteriores como consecuencia, entre otros factores, de la reducción de los retornos del regadío".

Evolución de los sistemas de saneamiento y tratamiento en el entorno de l'Albufera.

La Confederación Hidrográfica del Júcar, en el documento titulado "Informe Complementario para el Banco Europeo de Inversiones Sobre la Conducción Júcar-Vinalopó. Las aportaciones al lago de l'Albufera", realizado en julio de 2003, aporta un gráfico con la evolución de los aportes por vertidos no tratados al sistema, gráfico que incluimos a continuación.

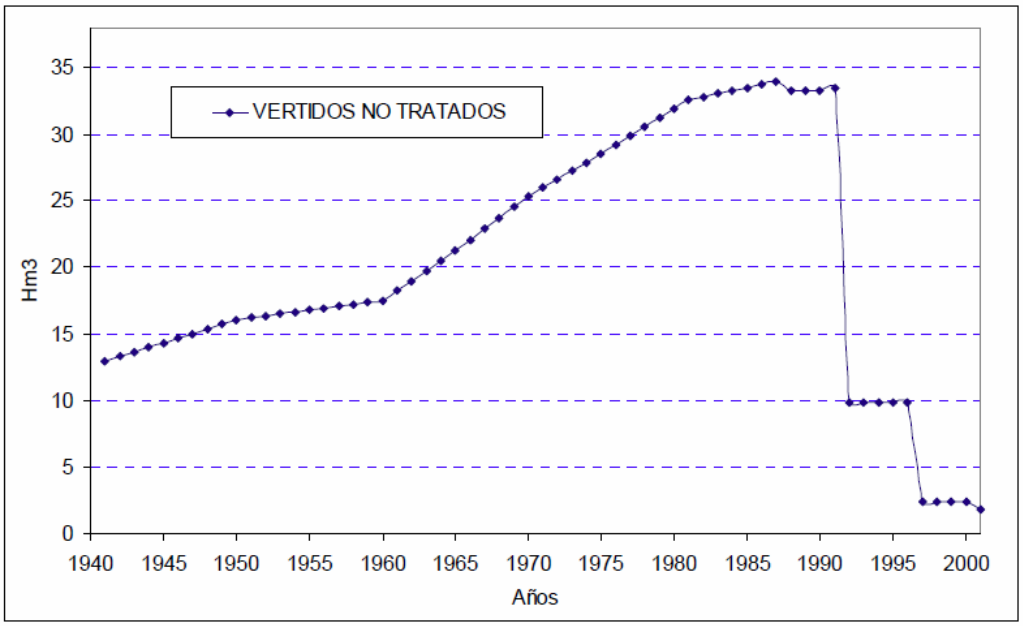


Fig. 22. Evolución de los aportes por vertido no tratados al sistema de l'Albufera. Fuente CHJ, 2003.

Puede observarse como los aportes se incrementan exponencialmente a partir de los años 60, alcanzando los 34 Hm^3 por año, cuando en 1940 se situaban alrededor de los 13 Hm^3. A partir de principios de los 90, se produce una brusca disminución de los aportes no tratados, a consecuencia de la entrada en servicio de las infraestructuras de saneamiento construidas en el entorno del humedal, situándose los aportes no tratados en el año 2000

en cantidades inferiores a los 3 Hm^3, cantidad esta que cabe presuponer que ha disminuido aun en mayor medida por la entrada en servicio de nuevas estaciones depuradoras desde tal fecha.

Según el propio documento de la CHJ, que se basa en datos del Plan Especial de l'Albufera de 1990, el aporte atribuible a vertidos de origen industrial se cifraría en 1,9 Hm^3/año.

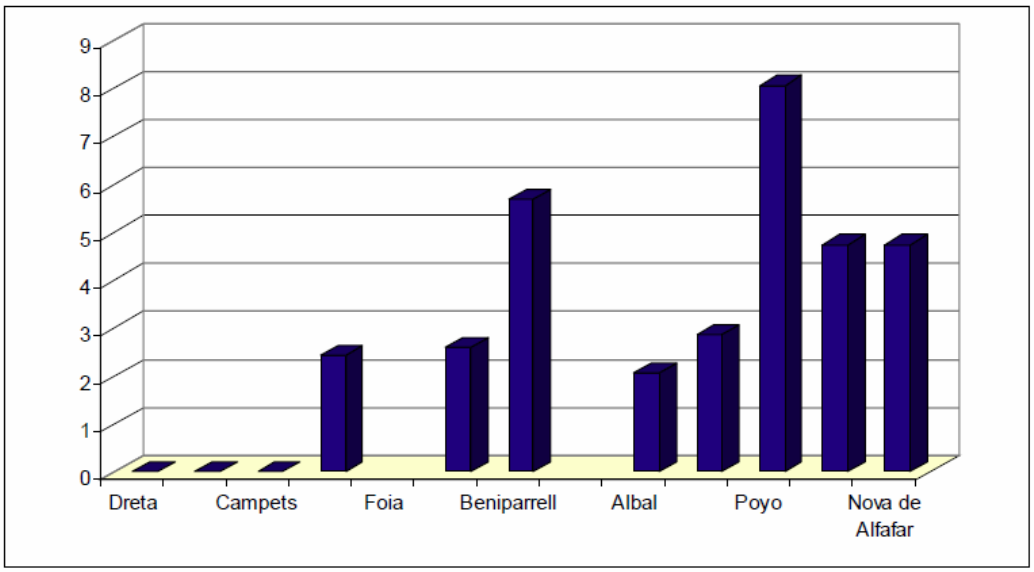


Fig. 23. Distribución espacial de las entradas por vertidos en el lago de l'Albufera en el año 1988 (hm3). Fuente: CHJ, 2003.

Los principales focos contaminantes se hallaban en el sector noroccidental del lago. Estas acequias recogen los vertidos urbanos e industriales procedentes de: Sedaví, Benetusser, Alfafar, Paiporta, Picanya, Massanassa, Catarroja, Albal, Beniparrell, Alcacer, Silla y Picassent, vertiéndolos al lago sin tratamiento ninguno. Por la vertiente sur los municipios de Almussafes, Benifaió, Sollana y Alginet aportaban un caudal de vertidos equiparable a los anteriores a través de la Acequia de la Alqueresia.

La propia CHJ, en su reiteradamente aquí citado Estudio para el Desarrollo Sostenible de l'Albufera, aportaba información sobre la situación de los sistemas de saneamiento en el entorno de l'Albufera, correspondiendo la situación descrita al año 2003. Se indicaba en dicho estudio que en aquel momento aún quedaban muchos problemas por resolver, en particular, conseguir la independencia completa de las acequias y redes de saneamiento de las poblaciones, aumentar la capacidad del Colector Oeste para evitar que alivie a las acequias que acaban desembocando en el lago y poner en marcha la estación de Albufera Sur, hecho este que se produce en el año 2012, salvando así la llegada al lago de vertidos sin tratar por el suroeste. Además de estos problemas graves, los autores hacen hincapié en que las depuradoras que ya se encuentran en funcionamiento deben cumplir con las obligaciones legales

Es evidente el avance producido tras la dotación de las infraestructuras de saneamiento, al reducir de forma significativa la aportación de caudales sin tratar que llegaban al sistema y generaban un deterioro dramático de la calidad del recurso hídrico.

La anteriormente referida tesis doctoral de M. Mondría (Mondría García, M.; 2010) realiza a su vez un exhaustivo análisis de la evolución de las infraestructuras de saneamiento en la cuenca de l'Albufera, alcanzando unas conclusiones de interés a la hora de caracterizar cual puede ser la evolución de los parámetros de calidad de los recursos del sistema bajo la influencia de los vertidos de aguas residuales contaminantes.

Es de interés destacar la afirmación que hace este autor de que la ejecución de las infraestructuras básicas de saneamiento, que se podrían considerar concluidas en 2007 con la entrada en funcionamiento de la EDAR Albufera sur, no han comportado la mejora de calidad del sistema que se preveía con su planificación y que las nuevas instalaciones previstas supondrán una mejora muy paulatina de la calidad.

Así este autor llega a las siguientes conclusiones respecto a la evolución de las cargas contaminantes en el sistema, considerando separadamente cada parámetro.

Respecto de la evolución de la materia orgánica según los resultados del modelo utilizado para la demanda química de oxígeno a cinco días, DQO5, indica lo siguiente:

- Existe una clara tendencia a la reducción desde valores próximos a 80 mg O_2/l en los años previos al forward switch del lago hasta situarse por debajo de 50 mg O_2/l en los últimos dos años con el mapa de depuradoras del entorno del lago completado. Estos valores coinciden sensiblemente con los estimados por el trabajo antecedente del MMA (2004c). Esta materia orgánica ha entrado, durante décadas, asociada a aguas residuales urbanas e industriales (ARU), a los retornos superficiales del regadío y a las escorrentías superficiales generadas por episodios de lluvia. En los últimos años la contribución de las aguas residuales se ha reducido enormemente y también lo ha hecho la de los retornos del regadío, pasando los efluentes de plantas depuradoras a tener un peso significativo, de entre el 30 al 40%.

- Las acequias y cauces más contaminantes son las que desembocan por el norte del lago, ya que deben recorrer la mayoría de los núcleos urbanos y polígonos industriales. Durante años ha existido también una importante contribución, que tiene a disminuir notablemente, de las caudalosas acequias del sur, Dreta y Overa.

- La construcción y puesta en servicio del colector Oeste y sus ramales secundarios entre 1991 y 1994 permitió una brusca reducción de las cargas de materia orgánica que llegaba al lago. En los años previos a la construcción de las infraestructuras, la media de las cargas anual se situó en 32.003 t O_2/año. A partir del año 1994/95 y hasta el año 2007/08 la media pasó a situarse en 12.774 t O_2/año, lo cual supone una reducción en las cargas de materia orgánica del 60%.

Respecto de las entradas de nitrógeno inorgánico, estimadas a partir de las de nitratos y amonio, se indica lo siguiente:

- Los aportes de nitratos han experimentado una reducción en los últimos cuarenta años, pasando de cargas mensuales que frecuentemente oscilaban a lo largo del

año hidrológico entre las 500 y las 1.000 t NO^-_3/mes a valores actuales que suelen moverse en el rango entre las 100 y las 600 t NO^-_3/mes.

- Las entradas actuales siguen siendo relevantes. Por su relación con la contaminación difusa, sobre la cual las infraestructuras hidráulicas son menos eficientes, su reducción en los últimos años ha sido menor que en otros contaminantes. Tradicionalmente las cargas de nitratos han estado principalmente relacionadas con los excedentes superficiales de los sistemas de regadío del Júcar y del Turia y con las descargas de los acuíferos al humedal. Estas últimas aportaciones han adquirido un mayor peso a partir de los años noventa como consecuencia de los cambios de gestión del regadío y el menor volumen de derivaciones fluviales.

- Todas las acequias aportan cantidades importantes de nitratos debido a la deficiencia de la calidad de las aguas subterráneas de los acuíferos de la Plana de Valencia Sur y Norte. La principal entrada se produce a través de las acequias más vinculadas a zonas agrícolas como son las de los sectores sur y oeste del lago.

- Desde el año hidrológico 1970/71 hasta la actualidad las cargas de amonio han disminuido un sustancialmente por efecto de la progresiva puesta en servicio del colector Oeste y las restantes infraestructuras de saneamiento. Se ha pasado de cargas mensuales que podían superar las 100 t NH^+_4/mes a valores del orden de la mitad en que rara vez se superan las 50 t NH^+_4/mes. La mayor parte de las cargas ha entrado habitualmente por el sector norte del lago y se relacionaba con las aguas residuales, tendencia que se ha acentuado en los últimos años al incrementarse el peso de las cargas asociadas a los efluentes de estaciones depuradoras.

- La construcción y puesta en servicio del colector Oeste y sus ramales secundarios ha producido una reducción de las cargas de nitrógeno que llegaban a través de los cauces naturales y acequias de las partes oeste y norte del lago. Esta reducción siguió un camino menos brusco que el de otros contaminantes como el fósforo. Con el modelo construido hemos podido obtener una evaluación de dichas cargas. En los años previos a la construcción de las infraestructuras, la media de las cargas anuales se situaba en 3.096 tN/año con un máximo de 4.912 tN/año en el año hidrológico 1989/90, lo cual representaba, respectivamente, unas cargas por unidad de superficie de 127 y 202 gN/m^2.año. A partir del año 1994/95 y hasta el año 2007/08 la media se redujo hasta 1.749 tN/año, con un mínimo de 1.142 tN/año en un año de fuerte sequía como el 2004/05, lo cual supone, respectivamente, 72 y 47 gN/m^2.año. Respecto a los valores medios, hemos estimado que la reducción en las cargas de nitrógeno supuso un 43%.

- Esta estimación de la reducción de cargas es notoriamente superior al 24% que obtuvieron Romo et al. en su estudio de 2005. En dicho trabajo, las cargas totales estimadas fueron de 324 gN/m2.año para el año 1999 y 247 gP/m^2.año para el año 1991 que supondrían, respectivamente, 7.517 y 5.730 tN/año. Las cargas obtenidas por Romo et al. Son superiores a las que obtiene Mondría, que son cercanas a los rangos estimados por el MMA con una metodología similar. El

autor sugiere que puede haber existido hasta ahora una sobreestimación de las cargas, posiblemente por una insuficiente consideración del efecto tampón de los arrozales y la huerta.

- Indica asimismo el autor que a lo largo del período estudiado, el reparto porcentual de las cargas al sistema entre nitratos, amonio y nitrógeno orgánico se ha mantenido sensiblemente constante.

- Los resultados del modelo implementado en este estudio sugieren que las concentraciones medias anuales que provocaron la ruptura de las inercias del sistema se situaban cerca de los 7 mg N/l con unas cargas medias del orden de 140 gN/m^2 año.

- La reducción progresiva de los aportes fluviales y el mantenimiento de las descargas subterráneas, con importantes concentraciones de nitratos, han supuesto un cierto incremento de las concentraciones de los aportes, mientras que las cargas por unidad de superficie se reducían a menos de la mitad.

Respecto a los contenidos en fósforo este autor indica lo siguiente:

- Los resultados relativos al fósforo total muestran también cómo las nuevas infraestructuras de saneamiento provocaron una brusca reducción de las cargas.

- En los años previos a la construcción de las infraestructuras de saneamiento, la media de las cargas anuales se situaba en 240,7 tP/año con un máximo de 310,3 tP/año en el año hidrológico 1989/90, lo cual representaba respectivamente unas cargas por unidad de superficie de 9,9 y 12,8 gP/m^2.año. A partir del año 1994/95 y hasta el año 2007/08 la media se redujo hasta 84,1 tP/año, con un mínimo de 50,7 tP/año el año 2005/06 lo cual supone respectivamente 3,5 y 2,1 gP/m^2/año. Respecto a los valores medios, la reducción en las cargas de fósforo supuso un 65%.

- Indica a su vez que la citada reducción del 65% en las cargas es inferior al 77% que obtuvieron Romo et al. (2005). En dicho trabajo, las cargas totales estimadas fueron de 4 gP/m2.año para el año 1999 y 18 gP/m^2.año para el año 1991 que supondría respectivamente 92,8 y 417,6 tP/año. Los resultados de Romo et al. coincidirían con las estimaciones del MMA en su estudio de 2004, superiores a las obtenidas por el autor, sugiriendo este que puede haber existido hasta ahora una sobreestimación de las cargas por una insuficiente consideración del efecto de las zonas regables. Dada la constancia de los aportes al sistema (los aportes correspondían principalmente a aguas residuales urbanas e industriales, posteriormente sustituidos por efluentes de depuradoras), concluye a este respecto que la huerta y los arrozales actúan como sumideros de nutrientes durante la temporada de cultivo, lo cual supone una reducción en las cargas que llegan al lago. M. Mondría destaca las puntas correspondientes a años muy húmedos (1989/90, 2000/01) por la carga adsorbida a los sólidos aportados en eventos extraordinarios, sobre todo por el barranco del Poyo.

- También en referencia al fosforo indica que el reparto porcentual de las cargas al sistema se ha mantenido constante, con un fuerte peso de la zona norte donde

se sitúa la mayor presión urbana. Tras la puesta en servicio de las plantas depuradoras de Albufera Sur y de Sueca (junto con la de Ribera Alta I que supuso una mejora en el patrón correspondiente a los riegos de Sueca), la contribución del sector Norte se ha incrementado claramente hasta suponer del orden del 85% de las cargas totales recibidas por el lago. Este autor hace referencia a que según el modelo utilizado en su estudio las concentraciones medias anuales que provocaron la ruptura de las inercias del sistema se situaban cerca de 0,45 mg P/l con unas cargas medias del orden de 8 gP/m^2 año. Con la finalización de todas las infraestructuras básicas, las concentraciones medias se sitúan ya por debajo de esta cifra y probablemente por debajo de los 0,30 mg P/m^2 mientras que las cargas están por debajo de los 2,5 gP/m^2.

- Concluye así que el sistema muestra una cierta inercia al cambio. Indica asimismo que aunque el sistema recibe cargas muy superiores a las indicadas por Vollenweider (1968), los últimos años de la serie se han acercado notablemente al ratio de 2 gP/m^2.año sugerido por Jeppesen et al. (1990) para lagos nórdicos como umbral para iniciar la adopción de medidas complementarias de restauración como la biomanipulación.

- Otro aspecto de interés mostrado en este estudio es que la ratio entre la carga total de nitrógeno y la de fósforo Nt:Pt se ha incrementado desde un mínimo de 8 (1985/86) hasta un valor máximo reciente de 31 (2007/2008).

- Por ultimo este estudio pone de manifiesto el cambio experimentado en el origen de las cargas de fósforo: hasta principios de los noventa destacaba el fuerte porcentaje de las cargas producidas por aguas residuales urbanas e industriales, ahora drásticamente reducidas; actualmente existe un creciente peso de los efluentes de estaciones depuradoras.

Por otra parte se realizan en este estudio una serie de simulaciones con escenarios muy globales, que le permiten concluir que:

- La simulación de un escenario construido a partir de un techo ideal en el control de la contaminación y con un volumen de aportaciones notablemente inferior a la media de los últimos años, ha proporcionado una buena respuesta del sistema en relación con su estado trófico.

- La adición de caudales de calidad sin actuar en la corrección de las deficiencias de los sistemas de saneamiento y depuración del entorno de L'Albufera resultaría una medida ineficaz.

Estas aportaciones resultan de gran interés a la hora de configurar los escenarios conjuntos de futuro del sistema, puesto que condiciona el nivel de calidad futuro de las aguas, por lo que lo tomaremos en consideración en el correspondiente apartado.

Riesgos de vertidos catastróficos.

Debemos considerar los riesgos derivados de procesos catastróficos, en caso de vertidos originados por accidente o catástrofe, los cuales no son ni mucho menos descartables, dado la elevada presencia en el entorno de l'Albufera de instalaciones industriales que

utilizan productos peligrosos en sus procesos de producción y la densa red viaria existente en el entorno.

Por una parte cabe tomar en consideración el riesgo de arrastres de grandes cantidades de sustancias peligrosas procedentes de instalaciones industriales en situaciones de riada, que podrían aportar estas sustancias al sistema a través de la red de drenaje que confluye en él.

Por otra parte tendríamos el riesgo derivado del transporte de este tipo de sustancias, bien por carretera o por ferrocarril, que en determinadas condiciones podrían llegar al sistema, aunque en este caso resultaría menos probable, dado el bajo caudal que habitualmente presenta la red de drenaje, aunque sería más probable el aporte si este se realiza a través de la red de acequias, en caso de que el accidente se produjera en la proximidad de estas.

Procesos de contaminación difusa.

La problemática derivada del aporte al sistema hídrico de l'Albufera de nutrientes y sustancias tóxicas proveniente del uso de fertilizantes y pesticidas empleados en la actividad agrícola que se desarrolla en su ámbito, es un factor de difícil estudio, pues aunque el hecho es bien conocido, dado que es indudable la elevada presencia de nutrientes en el medio, las cantidades realmente aportadas y las vías de llegada al sistema son difíciles de determinar.

No es nuestro objetivo describir en detalle los procesos básicos de la contaminación difusa. Los aportes excesivos de fertilizantes habituales en la actividad agrícola desarrollada en el ámbito del humedal, provoca que el excedente de nutrientes no asimilado por los cultivos y no retenido por los suelos sea lavado por el agua de riego o de lluvia y alcance las masas de agua del sistema, bien a través de la red de cauces superficiales o bien indirectamente por surgencias de acuíferos subterráneos previamente contaminados que alcanzan el sistema, bien directamente a través de los ullals o bien indirectamente a través de acequias.

Como ya se ha descrito, los dos nutrientes fundamentales a considerar en procesos de eutrofia de las masas de agua son el Nitrógeno y el Fosforo. La dinámica de estos nutrientes en el medio es distinta. Mientras el fosforo aparece mayoritariamente en forma de fosfato que, al tener carga positiva es retenido por el complejo iónico del suelo apareciendo en forma coloidal o particulada, el nitrógeno aparece mayoritariamente en forma de ion nitrato NO_3^- que no es retenido por el complejo del suelo y es fácilmente lavado y arrastrado en disolución por los caudales de riego o por la lluvia, alcanzando con mayor facilidad las masas de agua del sistema, y produciendo por efecto de fertilización el crecimiento desmesurado de las poblaciones de la vegetación acuática.

El fosfato se constituye así normalmente en el factor limitante de los procesos eutróficos, puesto que aunque es mayoritariamente retenido, alcanza en ciertas cantidades las masas de agua, pues aunque tiene menor movilidad, las grandes cantidades aportadas las técnicas de riego empleadas, que mayoritariamente es la de inundación para el arroz y el riego a manta para los cítricos y otros cultivos hortícolas hacen que se aporten cantidades significativas de este nutrientes a las masas de agua del humedal.

Los parámetros de contaminación presentados anteriormente en este documento arrojan cifras significativas para estos nutrientes en las aguas de l'Albufera. Así para la estación de control A1 la concentración de fosforo es en promedio para toda la serie histórica de 0,26 mg/l, alcanzando valores máximos de 1,92 mg/l, mientras que para el ion nitrato el valor promedio es de 6,18 mg/l y el valor máximo de 141 mg/l. Son valores que en su mayoría no representan una amenaza para la vida piscícola pero que constituyen un aporte continuado de nutrientes suficiente para mantener los procesos de eutrofia en el sistema.

Los gráficos incluidos a continuación permiten formar una estimación de los volúmenes de nutrientes que alcanzan el sistema. Si consideramos los volúmenes de retornos de riego como indicador del volumen de agua proveniente del uso agrícola y por tanto como aporte de nutrientes, encontramos los siguientes valores.

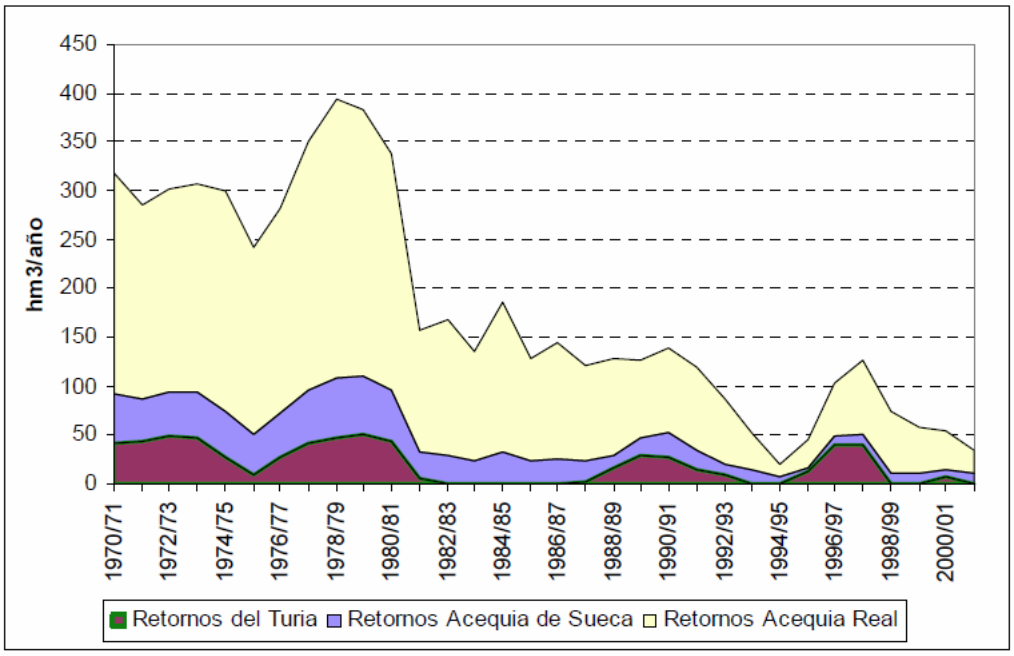


Fig. 24. Aportes de caudal por retornos de riegos en el sistema de l'Albufera en el año 2003. Fuente CHJ, 2003.

Puede observarse como se alcanzan volúmenes de aporte de hasta 400 Hm^3 en los años 80, disminuyendo estos aportes notablemente hasta el año 2000 en el que los valores de aportación se sitúan en 50 Hm^3. Los mayores aportes los proporciona el sistema de riegos de la acequia real del Júcar, lo cual tiene lógica si se considera, como se ha expuesto en otros apartados de este documento, que este sistema de riegos constituye el principal proveedor de caudales al sistema y constituye su soporte hidrológico básico en la actualidad.

También cabe tomar en consideración a este respecto los aportes de caudales subterráneos cargados con nitratos. Se trata de una vía indirecta de llegada del ion, puesto que este alcanza en primer lugar los acuíferos cuaternarios poco profundos del entorno de l'Albufera por el arrastre de los aportes no absorbidos por los cultivos. Posteriormente llegan al sistema a través de fuentes y surgencias (ullals) o como consecuencia de su uso previo en regadío con lo cual cabe considerar su solape con los retornos de riego. Según datos de 2003 de la Confederación Hidrográfica del Júcar, los volúmenes de aporte de aguas subterráneas a la Albufera oscilan entre los 40 y los 190 Hm^3 por año. Según el IGME el contenido medio en nitratos para el periodo 1995-2000 en la Plana Norte de

Valencia es de 94 mg/L y fue superior a 50 mg/L en el 60 % de las medidas, alcanzando un máximo de 450 mg/L en octubre de 2000. En la Plana Sur, en el 43 % de las medidas se superó los 50 mg/L, con valores medios de 65 mg/L y un máximo de 270 mg/L medido en octubre de 1995. A grosso modo podemos hacer una estimación de las cantidades de nitratos que entran anualmente al sistema, procedentes de acuíferos subterráneos. Si consideramos unos aportes anuales promedio de 100 Hm^3 procedentes de las aguas subterráneas y considerando un contenido promedio de 50 mg/l de nitrato tendríamos que entrarían a la Albufera anualmente un total aproximado de 5.000 Tm/año de NO_3^-. Es una estimación gruesa, puesto que habría que matizar los aportes de diversas de las diversas fuentes y habría que descontar las pérdidas producidas por adsorción y asimilación así como las salidas al mar, pero resulta ilustrativa de la ingente cantidad de nutrientes que entran al sistema y, lo que es más significativo, que a diferencia de los aportes provenientes de los retornos de riegos se trata de un reservorio de largo alcance que garantiza la permanencia de estos aportes durante un largo periodo de tiempo, asegurando el mantenimiento de los procesos eutróficos en el sistema.

Estos aportes de nutrientes condicionan intrínsecamente el comportamiento ecológico del sistema. Es sabido que el aspecto más importante del funcionamiento ecológico de los lagos someros o lagunas como es l'Albufera es la abundancia de la vegetación sumergida. El dominio de uno u otro tipo de vegetación, o la ausencia total de la misma, puede estar influido directamente por la turbidez e indirectamente por la concentración de nutrientes. En los lagos someros como L'Albufera, existe un estrecho contacto entre el sedimento y el agua lo cual favorece el rápido reciclaje de nutrientes y una mayor productividad. Por ello estos lagos son, de forma natural, más eutróficos que los lagos profundos y los lagos del área mediterránea, con fondos frecuentemente limosos o arcillosos, lo son mas más que los nórdicos.

Cuando la concentración de nutrientes del lago es excesiva, las comunidades lacustres se empobrecen. El crecimiento excesivo del fitoplancton incrementa la turbidez de las aguas e impide que los rayos solares alcancen el fondo provocando la desaparición de las plantas sumergidas. El sistema ecológico en lagos someros entra en una espiral de degradación. La pérdida de la vegetación hace que la resuspensión de sedimentos provocada por el viento sea más intensa. En estas condiciones el fitoplancton no puede ser controlado por el zooplancton. La ausencia del refugio vegetal para el zooplancton les hace vulnerables a la depredación por los peces, lo que favorece aún más el crecimiento del fitoplancton y toda una serie de mecanismos en cascada que refuerzan el mantenimiento de la fase turbia. Entre otros factores se produce un cambio en la composición del fitoplancton hacia comunidades algales, como las algas filamentosas, menos fácilmente asimilables por el zooplancton.

El paso de un sistema de aguas claras dominado por la vegetación sumergida a otro de aguas turbias dominado por el fitoplancton no es gradual sino brusco. El factor desencadenante del cambio de estado y que provoca la desaparición de la vegetación se conoce como "forward switch".

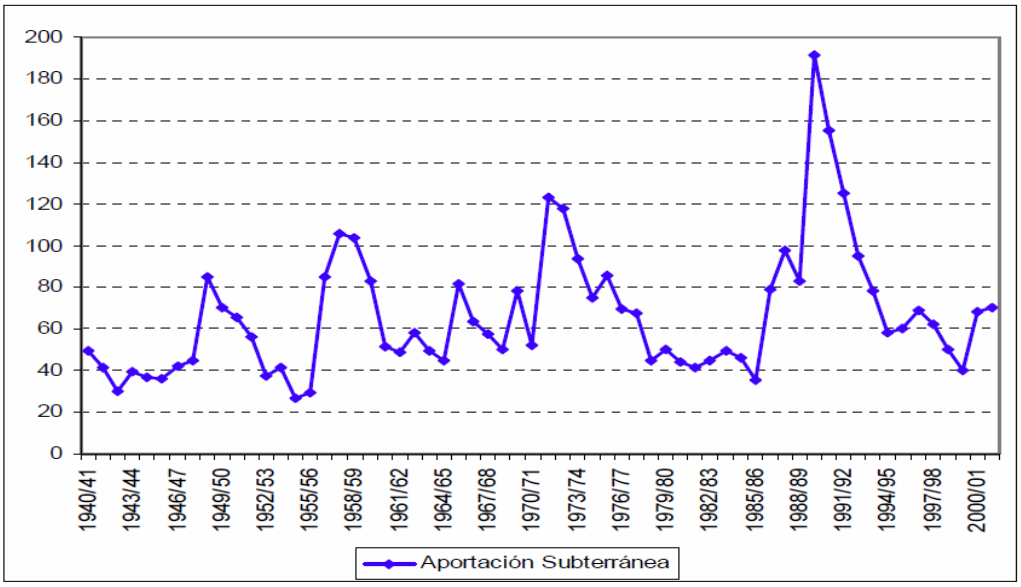


Fig. 25: Aporte de caudales subterráneos al sistema de l'Albufera. Fuente: CHJ, 2003.

Nos encontramos por tanto, a la hora de conformar una posible evolución de estos parámetros con una complicada situación. Aunque se ha avanzado mucho en la reducción de los vertidos contaminantes al sistema, los procesos de contaminación difusa, derivados de una actividad agrícola, consustancial al funcionamiento actual del sistema, seguirán proporcionando aportes continuados de nutrientes, lo que garantiza que la actual situación de eutrofia puede todavía prolongarse en el tiempo.

La cuestión del proceso de colmatación del Lago.

J.J. Alonso Pascual (Alonso J.J. 1982) consideraba en su aportación a las Jornadas sobre la problemática de l'Albufera celebrada en Valencia el año 1982 que el problema del aporte de sedimentos era acuciante pues se estaba produciendo la colmatación acelerada del lago debido a unos aportes que el estimaba en 160.000 m^3/año. Era algo más optimista que García Labandero que en 1971 estimaba que le restaban al lago unos 50 años antes de colmatarse, aunque luego cita un estudio del IVE que arrojaba la cifra de 151 años. Este autor propone así el inicio inmediato de trabajos de dragado con objeto de garantizar la conservación del lago.

Sin embargo Sanjaume *et all*. (Sanjaume *et all*. 1992) consideran en su estudio que las tasas de sedimentación, obtenidas por cálculos teóricos se hallan sobrestimadas y son datadas mediante C^{14} arrojando un valor de 0,47mm/año para el periodo comprendido entre el 2810 y el 1110 BP y de 0,57 mm/año entre 1110 BP y la actualidad. En periodo reciente indican que la tasa obtenida por el método del Cs^{137} es de 3,2 a 3,6 mm/año desde 1954 hasta 1988. Indican a su vez que buena parte de los sedimentos transportados son retenidos en la zona de marjal sin llegar al lago, concluyendo en conjunto que la colmatación de l'Albufera no es tan inminente como las previsiones de autores anteriores sugerían.

En consonancia con estos resultados descartamos incorporar esta variable a nuestras proyecciones de futuro, pues en el intervalo temporal considerado no resulta significativa.

Síntesis de la situación del sistema de l'Albufera en lo que respecta a calidad de recursos hídricos.

A modo de síntesis puede afirmarse que la calidad de los recursos hídricos de l'Albufera es actualmente muy deficiente, pudiendo caracterizarse como un sistema con un alto grado de eutrofia, debido a la presencia excesiva de nutrientes y materia orgánica en sus aguas, procedentes de vertidos urbanos e industriales y de los procesos de contaminación difusa derivados de la actividad agrícola. También presenta altos contenidos de otras sustancias contaminantes como metales pesados y plaguicidas.

A este respecto juega un papel determinante la gran cantidad de lodos acumulados en el fondo del lago procedentes de los vertidos urbanos e industriales producidos a partir de los años 60 del siglo pasado. Estos lodos juegan un papel fundamental como reservorio de fósforo y nitrógeno, hasta el punto que los mayores aportes de estos elementos al sistema se producen desde aquí y no por los aportes de las acequias, como era el caso. También constituyen un reservorio de metales pesados que asegura un aporte continuado de estos a la masa de agua del lago.

Otro factor determinante como es el desarrollo de los procesos de salinización por intrusión marina. Estos procesos han adquirido ya un notable desarrollo, siendo constatable en la actualidad la progresiva salinización de las aguas y los suelos en algunos ámbitos del sistema, siendo previsible que se incremente su incidencia en los horizontes temporales que se consideran en este estudio.

5.2. Caracterización de las comunidades biológicas del sistema de l'Albufera de Valencia.

No es nuestra intención aquí hacer una revisión exhaustiva de las comunidades biológicas existentes en el ámbito del humedal de l'Albufera, puesto que excederíamos el carácter comprehensivo que del que se pretende dotar a este documento. Se hace así, pues, una descripción genérica de los aspectos más representativos en este campo, con objeto sobre todo de remarcar los espacio considerado, que han justificado su protección y requieren una adecuada gestión.

5.2.1. Comunidades Planctónicas.

Consideramos procedente iniciar la descripción de las comunidades biológicas del sistema de l'Albufera describiendo el fitoplancton y el zooplancton que habita sus aguas, pues este juega un papel determinante en el funcionamiento ecológico del miso, al constituir la base trófica del mismo y ser a su vez un indicador del grado de alteración que presenta el sistema, al estar vinculada su composición y estructura a los niveles de eutrofia existentes en el mismo. Seguimos en este apartado los exhaustivos estudios realizados al respecto por E. Vicente y M. R. Miracle (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992).

Fitoplancton.

Según estos autores el lago presenta densas poblaciones de cianobacterias y bacterias heterótrofas que producen continuad floraciones a lo largo del año. El fitoplancton se halla dominado por clorofíceas y euglerofíceas en la zona norte del lago, donde se presenta mayor abundancia de materia orgánica debido a la descarga de los canales con aportes contaminantes.

En la zona sur predominan las diatomeas en la época primaveral temprana, pero estas son desplazadas en la dominancia por las clorofíceas a principios del verano-finales de la primavera. En aquellas zonas de aguas más limpias procedentes de surgencias predominan las diatomeas.

El fitoplancton alcanza en el agua del lago densidades de 10^5 a 10^6 ind ml^{-1}, que corresponde a una biomasa de 60-4000 mg l^{-1} y a concentraciones de clorofila de 200-600 µg l^{-1}, con valores máximos durante los periodos de renovación por apertura de las compuertas y máxima durante los periodos de estancamiento, con valores generalmente más elevados en primavera-verano a consecuencia del ciclo del cultivo del arroz.

La composición específica de las comunidades de fitoplancton se recoge en la tabla 5, tomada literalmente de la publicación de E. Vicente y M.R. Miracle (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992) y que recoge a su vez datos de Romo (Romo, S. 1991).

Species	Fr	Occ	Mean	Species	Fr	Occ	Mean
Cyanophyta				*Scenedesmus quadricauda*	1	84	723
Planktothrix agardhii	3	99	39363	*Scenedesmus acuminatus*	1	97	1587
Pseudanabaena galeata	3	96	41430	*Scenedesmus acutus*	1	63	506
Geitlerinema sp.	3	77	70173	*Scenedesmus obliquus*	1	46	720
Anabaenopsis elenkinii	2	75	4233	*Closteriopsis acicularis*	1	49	440
Planktolyngbya subtilis	2	59	75253	*Chlorella vulgaris*	1	18	1220
Planktolyngbya contorta	2	72	18383	*Dyctiosphaerium pulchellum*	1	53	610
Jaaginema cf. metaphyticum	2	50	13500	*Coelastrum microporum*	1	38	530
Geitlerinema amphihium	1	44	7580	*Choricystis minor*	1	35	1200
Cylindrospermopsis raciborskii	1	18	10597	**Bacillariophyceae**			
Aphanothece clathrata	1	30	16050	*Cyclotella meneghinianu*	2	99	4110
Microcystis flos-aquae	1	23	1793	*Cyclotella glomerata*	1	91	3070
Merismopedia tenuissima	1	66	2630	*Nitzschia palea*	1	89	2200
Oscillatoria lanceaeformis	1	45	5053	*Nitzschia intermedia*	1	66	600
Cholorophyta				*Nitzschia longissima*	1	63	860
Microcystis incerta	1	29	2487	*Nitzschia gracilis*	1	70	1480
Monoraphidium griffithii	1	39	640	*Nitzschia acicularis*	1	50	600
Monoraphidium contortum	1	90	1430	**Euglenophyceae**			
Monoraphidium minutun	1	67	417	*Trachelomonas cf. volvocina*	1	28	480
Tetraedrom minimum	1	64	330	**Cryptophyceae**			
Actinastrum hantzschii	1	77	647	*Cryptomonas erosa*	1	86	930
Chlamydomonas sp	1	69	1593	*Rhodomonus lacustris*	1	83	1720

Freyuency values: **3** >10% **2** 10 - 1% 1 1 - 0,1%

Tabla 5. Principales especies de fitoplancton existentes en l'Albufera en el periodo 1980-88, indicando su frecuencia (Fr) con respecto al número total de individuos, su ocurrencia (Occ) como % con respecto al número total de muestras, y la densidad media cuando presente (ind/ml). Tomado de Vicente, E., Miracle, M.R., 1992.

A partir de escasos datos fragmentarios antiguos Vicente y Miracle (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992) indican que se constata un dramático cambio en la composición del fitoplancton a consecuencia del progresivo proceso de eutrofización. Así este se ha ido transformando de una comunidad dominada por diatomeas y clorofíceas en los años 40 del siglo XX, a un lago eutrófico dominado todavía por clorofíceas en los años 70 hasta convertirse definitivamente en un lago hipertrófico en el momento de realizar su estudio., dominado completamente por cianobacterias filamentosas. Así constatan que en el periodo de 1980-19888, solo tres especies constituían más del 50% del fitoplancton, llegando en ocasiones a ser al 75% del total: *Planktothrix agardhii*, *Pseudanabaena galeata* y *Geitlerinema sp*.

Estas tres especies presentan un ciclo anual característico en su dominancia. Así indican los autores que un pico de P. agardhii aparece cuando se cierran las compuertas en abril, siguiéndole un pico en la presencia de P. galeata y después un periodo con dominancia de Geitlerinema durante todo el verano, a veces acompañada por otras cianobacterias filamentosas, incluso por una especie típica de ambientes tropicales como *Anabaenopsis* circulares, una colonizadora reciente. En el otoño, que es un periodo de estancamiento habitual se produce la dominancia de P. galeata.

El crecimiento de las cianobacterias produce una elevada producción primaria a lo largo del año, restringida a la zona superficial. La producción integrada en la columna de agua varía desde 2 g C m^{-2} d^{-1} en invierno a 7 g C m^{-2} d^{-1} en primavera. El metabolismo en fase oscura es también muy intenso y fluctúa desde un máximo al final de la primavera de 3 g C m^{-2} d^{-1} a un mínimo invernal de 3 g C m^{-2} d^{-1}. La distribución vertical de la producción primaria y la asimilación oscura en un ciclo diario se recoge en la figura 26. Este muestra la

alternancia entre la productividad diurna máxima y la fase oscura de asimilación es evidente

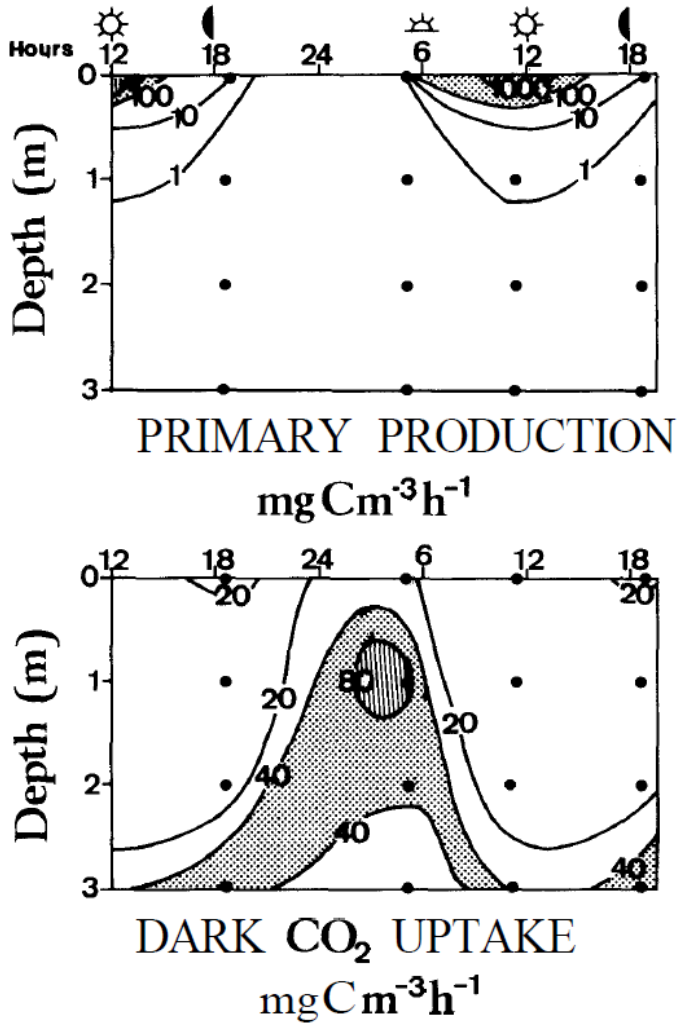


Fig. 26. Ciclo diario de la producción primaria y asimilación de CO2 en mayo de 1980. Tomado de Vicente, E., Miracle, M.R., 1992

Comunidades bacterianas.

Indican asimismo Vicente y Miracle (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992) que el agua de l'Albufera presenta importantes poblaciones de bacterias heterótrofas, debido al alto contenido de compuestos orgánicos disueltos, consecuencia de excreciones algales y contribuciones alóctonas. Otras bacterias deben su presencia a la contaminación del lago por aguas residuales como *Escherichia coli*, *Streptococcus sp*., *Salmonella sp*., *Vibrio sp*. y otras.

Las poblaciones de bacterias heterótrofas no originada de contaminación es asimismo importante según estos autores. Entre estas distinguen las siguientes tipologías:

- Bacterias móviles de los géneros *Fexibacter, Hepethosyphon, Achroonema* y *Beggiatoa*.
- Bacterias fijas al sustrato del genero *Haliscomenobacter*.
- Bacterias pedunculadas como *Ancalomicrobium, Blastocaulis-Plancotomyces, Phylomicrobium* y *Pasteuria*.

- Bacterias del genero *Spirochaeta*, más infrecuentes.
- Bacterias espiriformes y curvadas como *Spirillum* y del genero *Microcyclus* y *Brachyarcus*.

Zooplancton.

Indican Vicente y Miracle (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992) que el momento de realizar su estudio el zooplancton de la Albufera esta constituido básicamente por dos especies: el copépodo *Acanthocyclops robustus* y el rotífero *Brachionus angularis*.

La siguiente tabla 6 recoge las especies de zooplancton existentes en el lago.

	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
COPEPODA											
Paracyclops fimbriatus			!	—		*Lepadella rhomboides*	—	—	—	○	—
Macrocyclops albidus				—		*Colurella uncinata*	○	○	—	—	○
Halicyclops sp			-	—		*Colurella adriatica*	—	○	○	○	—
Acanthocyclops robustus			—	●	●	*Lecane luna*	●	○	○	○	○
CLADOCERA						*Lecane lunaris*	○	○	○	○	○
Ceriodaphnia laticaudata			—	—		*Lecane bulla*	○	○	○	○	○
Iliocryptus sordidus			—	—		*Lecane quadridentata*	●	○	○	—	○
Macrothrix hirsuticornis			—	—	—	*Lecane signifera*	○	—	—	—	—
Alona guttata	○		—	—	—	*Lecane ohionensis*	●	○	—	—	—
Alonella exigua	○		—	—	—	*Lecane papuana*	—	○	○	—	○
Pleuroxus aduncus			—	—	—	*Lecane ungulata*	—	○	—	—	○
Chydorus sphaericus			—	—	—	*Lecane crepida*	—	○	—	—	—
Simocephalus vetulus				—		*Lecane hornemanii*	—	○	—	—	—
Alona rectangula			—	e		*L. inopinata f. sympoda*	—	○	—	—	—
Bosmina longirostris	—			—		*Lecane stichaea*	—	○	—	—	—
Daphnia pulex	—		e	—		*Lecane lamellata thalera*	—	○	—	—	—
Daphnia magna	—		e			*Lecane stenroosi*	—	○	—	○	—
Leydigia quadrangularis	—				—	*Lecane obtusa*	—	○	—	—	—
Moina micrura	—					*Lecane punctata*	—	○	—	—	—
Moina macrocopa	—		—	○	○	*Lecane arcuata*	—	○	—	—	—
ROTIFERA						*Lecane closterocerca*	—	○	—	●	○
Brachionus urceolaris	●	○	○	○	○	*Lecane hamata*	—	○	—	○	○
Brachionus quadridentatus	●	○	○	●	○	*Lecane aculeata*	—	○	—	○	—
Brachionus calyciflorus	●	—	●	●	●	*Lecane furcata*	—	○	—	○	—
Brachionus angularis		—	●	●	●	*Lecane tenuiseta*	—	—	—	○	—
Brachionus polyacanthus		○	○	—	—	*Monommata grandis*	—	○	—	—	—
Brachionus leydigi		—	—	●	○	*Cephalodella gibba*	—	—	○	○	○
Brachionus bidentata	—	-		○	○	*Trichocerca pusilla*	○	—	—	—	—
Brachionus plicatilis	—	—	—	○	○	*Trichocerca cylindrica*	○	—	—	—	—
Keratella quadrata	●	○	●	○	○	*Trichocerca longiseta*	●	—	—	—	—
Keratella cochlearis	—	○	●	○	○	*Trichocerca rattus*	—	○	○	—	—
Keratella valga	—	—	●	—	—	*Trichocerca tenuior*	—	○	—	—	—
Keratella tropica	—	—	○	○	○	*Synchaeta pectinata*	○	—	●	—	○
Notholca acuminata	●	—	○	○	○	*Synchaeta oblonga*	—	—	—	●	●
Notholca salina	—	—	—	○	—	*Polyarthra spp*	○	○	●	●	●
Anuraeopsis fissa	●	○	●	○	○	*Asplanchna brightwelli*	—	—	●	—	○
Euchlanis dilatata	—	○	—	—	○	*Asplanchna girodi*	—	—	—	●	○
Tripleuchlanis plicata	—	○	—	—	○	*Testudinella patina*	○	○	○	—	○
Mytilina ventralis	—	○	○	○	○	*Conochilus unicornis*	—	—	○	—	○
Lophocharis oxysternon	—	○	—	—	○	*Hexarhra mira*	○	—	—	—	—
Lophocharis salpina	—		—		—	*Hexarthra fennica*	—	○	—	—	○
Trichotria pocillum	/			—	—	*Hexarthra oxyuris*	—	○	—	—	—
Macrochaetus altamirai			—	—	—	*Filinia terminalis*	●	—	●	○	—
Lepadella ehrenbergi	●		—	—	—	*Dissotrocha aculeata*	—	○	○	—	—
Lepadella ovalis	—		—	—		*Rotaria rotatoria*	—	—	○	—	—
Lepadella patella	—		—			*Rotaria neptunia*	—	—	○	—	○

— absent, present, / abundant. Modified from OLTRA & MIRACLE (1992).

Tabla 6, Especies de zooplancton presentes en la Albufera en los periodos 1916-1918 (1), 1929 (2), en 1973 (3), en 1980-82 (4) y en 1985-88 (5). Tomado de Vicente, E., Miracle, M.R., 1992.

Indican que a partir de otros estudios previos pueden deducirse los siguientes aspectos:

- La biomasa de zooplancton de lago es muy alta, en promedio de 2 mg l-1, correspondiente aproximadamente a 2 individuos/ml.

- La ratio entre la biomasa de zooplancton y fitoplancton es muy baja, del orden de 1:100. Considerando el número de individuos la ratio la ratio oscila alrededor de 2:1.000.000. Estos aspectos son característicos de lagos hipertróficos dominados por cianobacterias filamentosas, que no son una fuente de alimentación apropiada para la mayoría de especies de zooplancton.

Las comunidades de zooplancton también muestran una marcada sucesión estacional en la dominancia de las especies.

Vicente y Miracle (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992) comparan en su documento las poblaciones actuales de zooplancton con los datos proporcionados por estudios antiguos, constatando que se ha producido un dramático cambio en la composición de estas oblaciones. Así constatan que especies dominantes actualmente como *A. robustus* y *B. angularis* eran muy raras a principios del siglo XX, mientras especies recogidas entonces como muy abundantes como *Keratella quadrata*, *Filinia terminalis*, *Anuraeopsis fissa*, *Trichocerca longiseta*, *Ceriodaphnia laticaudata* y *Simoncephalus vetulus* han prácticamente desaparecido o se han visto muy reducidas sus poblaciones.

En el periodo 1972-1973 una importante población de *B. calyciflorus* es constatada en primavera, mientras *K. quadrata* es más predominante a finales de verano y *F. terminalis* predomina en invierno y principios de primavera. La comparación entre las poblaciones de ese periodo con datos de 1980-81 constata el dramático cambio sufrido por el lago en este periodo.

5.2.2. Comunidades Vegetales.

La mayor parte de la superficie del Parque Natural de l'Albufera se halla ocupada por cultivos de arroz y por el propio lago; por ello, la vegetación autóctona queda restringida, por una parte, a las acequias, ullals y a las zonas marginales del arrozal y el lago y, por otra parte, a la franja costera arenosa, especialmente en la Devesa.

En general, la vegetación que actualmente ocupa el Parque Natural se puede definir en función de los distintos ambientes en que se distribuye:

Vegetación dunícola.

Compuesta por biocenosis vegetales que se asientan sobre sustratos arenosos. La franja arenosa más próxima a la costa se ve colonizada por especies pioneras propias de dunas embrionarias, tales como *Agropyrum junceum* ("llistó marí") o *Calystegia soldanella* (campanilla de mar). Hacia el interior, donde el cordón de dunas móviles se halla más estructurado, aparece una vegetación densa dominada por *Ammophila arenaria* (lastón marino o "borró") junto a otros elementos como la zanahoria de mar (*Echinophora spinosa*). En áreas de dunas más maduras se encuentran como especies características *Medicago marina* ("melgo marí"), *Otanthus maritimus* ("blanquinosa") y *Lotus creticus*, entre otras. El estado de conservación de estas comunidades es precario a causa de la alteración de su hábitat debido a la presión humana; así, en los arenales con un mayor

aporte orgánico procedente de temporales o de los residuos y basuras de los visitantes se desarrollan comunidades de carácter nitrófilo, dominadas por la oruga de mar (*Cakile marítima*), la lechetrezna de playa (*Euphorbia paralias*) y *Salsola kali*, que se hallan en franca expansión por la eutrofización producida por la masiva presencia humana.

Pasado el primer cordón dunar, aparecen las dunas semifijas en las que se desarrolla una vegetación con abundancia de plantas leñosas de pequeña talla que precederán a la vegetación preforestal o forestal propia de dunas estabilizadas. Dentro de este tipo de vegetación cabe destacar, por su rareza y óptimo estado de conservación, el jaguarzal (*As. Teucrio-Halimietum halimifoli*) que habita los claros arenosos secos de la Devesa y cuyas especies más representativas son, entre otras, el jaguarzo (*Halimium halimifolium*). El poleo marino (*Teucrium belion*), la albaida (*Anthyllis cytisoides*) y la siempreviva (*Helichrysum stoechas*).

En la zona de dunas fijas aparece, en el grado menos maduro, altos matorrales densos y pluriespecíficos, entre los que destacan la presencia del aladierno (*Rhamnus alaternus*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), palmito (*Chamaerops humilis*), madreselva (*Lonicera implexa*), zarzaparrilla (*Smilax áspera*), esparraguera (*Asparagus acutifolius*). etc. En la etapa más madura, aparecen comunidades forestales dominadas por los pinos carrasco, piñonero y rodeno; en el estrato inferior se pueden encontrar especies tales como el espino negro (*Rhamnus oleoides*), el mirto (*Myrtus communis*) y el falso aladierno (*Phillyrea angustifolia*).

Toda esta gama de biocenosis vegetales sabulícolas se halla presente en la Devesa, existiendo otros sectores de dunas móviles en que aparece una vegetación bien conservada, tales como las dunas de Pinedo, El Perellonet y, especialmente, el tramo Mareny-Dosel de Cullera.

Vegetación halófila.

Se compone de comunidades vegetales herbáceas o leñosas que se instalan sobre suelos húmedos o periódicamente encharcados que se hallan particularmente enriquecidos en sales. En los márgenes de los saladares afectados por un cierto grado de nitrificación o antropización, se instala una comunidad dominada por *Frankenia pulverulenta* y *Suaeda splendens*, entre otras, con apariencia de micropraderas graminoides.

En áreas inundadas con breve sequía estival se desarrolla un pastizal formado por pequeñas plantas crasas muy especializadas, lo que las hace altamente vulnerables; las especies dominantes en este medio son *Salicornia ramosissima* y *Suaeda marítima* que colonizan los claros de las depresiones húmedas fuertemente salinas. En estas mismas zonas se desarrollan también comunidades de matorral dominadas, en las áreas de mayor período de inundación, por las sosas (*Arthrocnemum fruticosum* y *A. glaucum*) y especies como *Inula crithmoides* y *Helmione portulacoides*; aunque más escasas, en áreas algo menos húmedas se puede destacar la presencia de las saladinas (*Limonium sp. pl.*), de gran importancia por su carácter endémico y reducida distribución.

Cuando la salinidad disminuye y se mantiene un cierto grado de humedad, aparecen los juncales y pastizales caracterizados por la presencia de juncos (*Juncus maritimus y J. acutus*) y especies graminoides como *Carex extensa* y *Agropyrum elongatum*. En torno a estas depresiones, en las zonas más secas y elevadas, los juncales son sustituidos por praderas de *Plantago crassifolia* y *Schoenus nigricans*, entre otras especies.

Vegetación hidrófila.

Las características del Parque Natural de L'Albufera hacen que este tipo de vegetación, formada por comunidades sumergidas, anfibias, flotantes o palustres, alcance una gran diversidad y una singular importancia. En las acequias y arrozales que presentan un alto grado de eutrofia aparecen poblaciones flotantes de lenteja de agua o "pa de granòta" (*Lemna gibba y L. minor*), a diferencia de las zonas de aguas poco contaminadas en que se instalan interesantes hepáticas flotantes (*Ricciocarpon natans* y *Riccia fluitans*).

Entre las comunidades acuáticas arraigadas propias de aguas tranquilas y de cierta profundidad destaca la presencia de *Myriophyllum verticillatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogetón crispus y Nymphaea alba*; que hoy se ven reducidas a una representación casi testimonial a causa de la desecación y eutrofización. En aguas poco profundas, incluso con desecación temporal como en el caso de los arrozales, se instalan como especies más características *Callitriche stagnalis* y *Ranunculus aquatilis* que cubre con un manto de flores blancas los arrozales en primavera e invierno; se hallan mejor conservadas que las anteriores ya que son menos exigentes, aunque se ven seriamente afectadas por los herbicidas utilizados en el arrozal.

En cuanto a la vegetación helofítica que habita las zonas que se hallan encharcadas gran parte del año, con las raíces en el agua y el tallo y hojas emergidos, cabe mencionar como especies más características al carrizo (*Phragmites australis*), las eneas o "bova" (*Typha angustifolia* y *T. latifolia*) y el junco de pantano (*Scirpus lacustris*), las cuales se hallan profusamente extendidas por la periferia del lago y las matas. En torno a éstas y ocupando un lugar más elevado, se encuentran otras especies, por lo general de mayor vistosidad, entre las que cabe citar a *Cladium mariscus* ("mansega"), *Kosteletzkia pentacarpos* ("trencadalla") o *Hydrocotyle vulgaris*.

Sobre suelos permanentemente húmedos pero raramente inundados se desarrolla una vegetación dominada por el junco (*Scirpus holoschoenus*), acompañado de otras especies tales como *Festuca arundinacea* o *Molinia coerulea*.

Vegetación de sustrato rocoso.

En el entorno de L'Albufera aparecen como ya se ha expuesto algunos afloramientos rocosos (Muntanyeta dels Sants, Monte del Cabeçol) que albergan una vegetación relativamente empobrecida a causa de la presión antrópica que soportan, quedando de forma relicta unos pocos ejemplares del antiguo estrato arbóreo de carrascas que ocupaba estas áreas. Actualmente, la vegetación en este ambiente se halla dominada por tomillares y matorrales de romero, aliaga, jara y ajedrea, con aparición esporádica del pino carrasco. Destaca en la Muntanyeta deis Sants el gran desarrollo de las chumberas.

5.2.3. Comunidades Faunísticas.

L'Albufera tiene en su componente zoológica uno de los aspectos más relevantes. A la abundancia y diversidad de especies, tanto de vertebrados como de invertebrados, hay que añadir su importancia por la gran variedad de endemismos que presenta, destacando los crustáceos *Dugastella valentina* y *Palaemonetes zariquieyi* ("gambetes"), el bivalvo *Unió turtoni valentinus* ("petxinot") y los peces ciprinodóntidos *Valencia hispánica*

("samaruc") y *Aphanius iberus* ("fartet"). Sin embargo, la contaminación de las aguas del lago y acequias ha provocado que estas especies se hallen en franca regresión, refugiándose en ullals y algunos tramos de acequias que todavía conservan una óptima calidad de aguas.

Las comunidades piscícolas son las que más intensamente han sufrido los efectos de la contaminación del agua y de otros factores como la sobreexplotación o la introducción de especies alóctonas (lucio, perca americana, gambusia). Ello ha producido una importante reducción tanto cualitativa como cuantitativa de sus efectivos, favoreciendo a aquellas especies que se adaptan con facilidad a las aguas contaminadas, como especies les ha llevado a ampliar su zona de distribución y adoptar hábitos predadores perjudicando al resto de la fauna y compitiendo ventajosamente con las especies silvestres a las que desplaza, como es el caso de la rata de agua (*Arvícola sapidus*), llegando a predar incluso sobre las puestas de muchas aves.

Sin embargo, es en lo relativo a la avifauna donde el territorio de estudio adquiere una mayor importancia, jugando un papel decisivo dentro del contexto general de las zonas húmedas europeas como área de acogida de aves acuáticas. Son más de 250 las especies ornítica que utilizan regular o excepcionalmente este ecosistema y cerca de 90 las que se reproducen en él.

El grupo de aves más numeroso durante el invierno es el de la Anátidas, concentrándose cada año en el lago y los arrozales entre 40.000 y 60.000 ejemplares. De ellas, la más interesante es el pato colorado o "sivert" (*Netta ruffina*) que, con contingentes que llegan a superar las 17.000 aves, convierten a esta zona húmeda en el lugar de invernada más importante de Europa Occidental para esta especie. Otras anátidas comunes en invierno son el ánade real o "coll verd" (*Anas platyrhynchos*), pato cuchara o "bragat" (*A. clypeata*), cerceta común o xarxet (*A. crecca*), ánade rabudo o "cua de jonc" (*A. acuta*), ánade silbón o "piuló" (*A. penelope*), ánade friso o "ásele" (*A. strepera*), porrón común o "boix" (*Aythya ferina*) y un largo etcétera.

Las anátidas habitan, fundamentalmente, el lago y los arrozales; el lago cumple un importante papel como zona de resguardo y reposo, sobre todo cuando se practica la caza en el arrozal; sin embargo, es éste el ambiente que se encarga de atraer y proporcionar el alimento a la mayoría de las especies, ya que la calidad de las aguas del lago impide que se desarrolle adecuadamente la vegetación sumergida e invertebrados que sirven de alimento a estas aves. Ello puede dar idea de la importancia que tiene el arrozal inundado en invierno para el mantenimiento de los valores ecológicos del Parque.

En cuanto a las especies de limícolas invernantes, la avefría o "judía" (*Vanellus vanellus*) y la agachadiza o "bequeruda" (*Gallinago gallinago*) son las más abundantes con contingentes de cerca de 2.000 individuos. Otros limícolas que se pueden observar en el Parque Natural son las agujas (*Limosa spp*.), correlimos (*Calidris spp*.), chorlitejos (*Charadrius spp*.), archibebes (*Tringa spp*.), etc. Entre los Láridos, la gaviota reidora (*Larus ridibundus*) es la especie más abundante, concentrando hasta 60.000 individuos en algunos inviernos; en menor número se observan también la gaviota patiamarilla (*L. cachinnans*) y la sombría (*L. fuscus*).

Las ardeidas invernantes son la garza real o "agro blau" (*Árdea cinérea)* con más de 1.000 ejemplares anuales, la garcilla bueyera o "esplugabous" (*Bubulcus ibis*) y la garceta común

o "garseta blanca" (*Egretta garzetta*). Asimismo, se pueden encontrar en invierno algunas especies de aves marinas como el cormorán grande o "corba marina" (*Phalacrocorax carbo*) que llega a concentrar cerca del millar de individuos y, en menor medida, el alcatraz o "mascarell" (*Sula bassana*) y el alca común o "cavet" (*Alca torda*), entre otras.

Durante la época de nidificación, L'Albufera adquiere todavía un mayor interés al acoger un gran número de especies, algunas de las cuales se hallan en franco peligro de extinción.

En los arenales de la Devesa próximos a la línea de costa nidifican especies tales como el chorlitejo patinegro o "corriol" (*Charadrius alexandrinus*), el chorlitejo chico o "corriolet" (*Ch. dubius*) y el charrancito o "alcorroc" (*Sterna albifrons*). Hacia el interior, en las malladas, nidifican especies de gran valor ecológico como la cigüeñuela o "camallonga" (*Himantopus himantopus*), la canastera o "carregada" (*Glareola pratíncola*) y el charrancito. En las dunas fijas de la Devesa, donde existe estrato arbóreo bien desarrollado para proporcionar cobijo y tranquilidad a las aves, se instalan importantes colonias de garza real y de martinete (*Nycticorax nycticorax*).

A pesar de que el deterioro de las condiciones naturales ha provocado que algunas especies dejen de nidificar en la zona, como es el caso del pato colorado o del fumarel cariblanco (*Chlidonias hybrida*) y otras especies hayan visto sensiblemente reducidos sus efectivos reproductores, caso del somormujo lavanco o "cabrellot" (*Podiceps cristatus*), la focha (*Fúlica atra*) y el zampullín chico o "escabussonet" (*Tachybaptus ruficollis*): el lago de L'Albufera continúa siendo un importante área de nidificación para un gran número de especies, sobre todo para larolimícolas y ardeidas. Entre los láridos cabe destacar por su número al charrán común o "gavina d'albufera" (*Sterna hirundo*) y el charrancito, y entre los limícolas hay que resaltar a la cigüeñuela o al chorlitejo patinegro.

Sin embargo, es en lo relativo a las ardeidas donde el lago de L'Albufera adquiere una excepcional importancia internacional, llegando a alcanzarse, en conjunto, cifras superiores a las 2.500 parejas. Los mayores contingentes corresponden a la colonia de garcilla bueyera y de garceta, sumando entre ambas especies más de 2.000 parejas. En menor número, aunque con una extraordinaria importancia cualitativa, hay que mencionar las colonias de garza real con más de 300 parejas, garza imperial o "agro roig" (*Ardea purpurea*), avetorillo o "gomet" (*Ixobrychus minutus*), martinete y la escasísima, a nivel europeo, garcilla cangrejera u "oroval" (*Ardeola ralloides*), que tiene en el Parque Natural su principal área de cría en Europa, junto con el Parque Nacional de Doñana. La gran cantidad de peces existentes en el lago ("llisses" y "tenques"), además del cangrejo americano (*Procambarus clarkii*), aportan el alimento necesario para que las colonias de ardeidas vean, año tras año, aumentar sus efectivos; ello, unido a una mayor tranquilidad de las zonas de cría, hace que las poblaciones de garzas sean las que presentan una evolución más favorable dentro del conjunto de la avifauna del Parque.

El arrozal, incluyendo las acequias y ullals, constituye para las aves su principal área de alimentación ya que acoge una gran diversidad de invertebrados. El ciclo de la fauna se halla estrechamente relacionado con las necesidades del cultivo del arroz (inundación, fangueo, siembra, etc.). Este ambiente juega un papel complementario con el lago como área de alimentación. Aunque son pocas las aves que utilizan este ambiente para su reproducción (zampullín chico, avetorillo, polla de agua, etc.), durante el período invernal y los pasos migratorios llega a concentrar varias decenas de miles de aves, especialmente anátidas.

A continuación se incluye un listado de las especies faunísticas presentes en el ámbito de estudio.

1. Especies de aves que figuran en el Anexo I de la Directiva 79/409/CEE, relativa a la Conservación de las Aves Silvestres:

Galerida thekae
Circus aeruginosus
Egretta garzetta
Grus grus
Glareola pratincola
Gelochelidon nilotica
Himantopus himantopus
Ixobrychus minutus
Larus audouinii
Larus genei
Marmaronetta angustirostris
Nycticorax nycticorax
Oxyura leucocephala
Pandion haliaetus
Pernis aviporus
Phalacrocorax carbo sinensis
Philomachus pugnax
Phoenicopterus ruber
Platalea leucorodia
Plegadis falcinellus
Pluvialis apricaria
Porphyrio porphyrio
Pyrrhocorax pyrrhocorax
Recurvirrostra avosetta
Sterna albifrons
Sterna hirundo
Sterna sandvicensis
Sylvia undata
Tringa glareola
Acrocephalus melanopogon
Alcedo atthis
Ardea purpurea
Ardeola ralloides
Asio flammeus
Aythya nyroca
Botaurus stellaris
Caprimulgus europaeus

2. Especies de aves migratorias de presencia regular en el Parque, que no figuran en el Anexo I de la Directiva 79/409/CEE:

Acrocephalus arundinaceus
Acrocephalus scirpaceus

Anas clypeata
Anas acuta
Anas crecca
Anas penelope
Anas platyrhynchos
Anas querquedula
Ardea cinerea
Asio otus
Aythya ferina
Bubulcus ibis
Charadrius alexandrinus
Charadrius dubius
Gallinago gallinago
Limosa limosa
Netta rufina
Panurus biarmicus
Podiceps cristatus
Vanellus vanellus
Tadorna tadorna

3. Especies de mamíferos que figuran en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Flora y Fauna Silves-tres:

Myotis capaccinii
Rhinolophus mehelyi
Miniopterus schreibersii

4. Especies de peces que figuran en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE:

Valencia hispanica

Análisis de la evolución de las poblaciones de avifauna.

Sin duda las poblaciones de avifauna constituyen el grupo faunístico más significativo del sistema de l'Albufera, constituyendo este uno de los enclaves más representativos para este, tanto a nivel estatal como internacional. Constituye la avifauna además un indicador representativo a la hora de valorar el estado de conservación del sistema, puesto que sus poblaciones se ven condicionadas por la calidad del mismo y por el nivel de intervención de la actividad humana.

Es por ello por lo que incluimos los datos correspondientes a los censos de avifauna que la Conselleria de Medio Ambiente ha venido realizando desde el año 1984 hasta la actualidad. Se incluyen los datos correspondientes a invernantes y nidificantes.

Respecto a los censos de invernantes los datos correspondientes se incluyen en la tabla 7.

Especie/año	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	media	max	min
Tachybaptus ruficollis	7	47	1	12	45	50	50	20	1	0	1	0	1	13	0	0	34	44	32	119	80	78	69	55	48	76	60	47	56	76	37	119	0
Podiceps cristatus	162	110		70	61	55	30	23					11	50	71	25	41	35	140	44	55	43	52	97	57	95	87	53	52	34	62	162	11
Podiceps nigricollis	0	3		25	3	1	0	8	0	0	1	0	4	0	6	31	51	21	153	65	26	69	29	35	21	16	11	26	29	9	22	153	0
Phalacrocorax carbo	88	149		180	350	405	860	1.320	687	600	1.815	777	1.500	2.382	2.683	4.204	4.620	2.706	2.881	8.701	2.883	3.077	4.017	2.806	4.282	2.681	2.677	3.234	2.240	3.835	2.367	8.701	88
Ixobrychus minutus																						1	1	1		2	4	2	6	11	4	11	1
Ardeola ralloides																		1	1	2	1	3	2	2	2	1	0	1	1	1	1	3	0
Bubulcus ibis	628	851	1.487	1.913	636	632	595	1.800	1.700	2.192	787	3.460	1.360	1.180	2.303	569	1.208	7.251	6.287	4.995	2.582	1.985	2.312	915	2.031	1.544	1.463	552	708	769	1.890	7.251	552
Egretta garzetta	52	94	174	334	510	493	2.025	2.000	2.000	1.040	1.046	1.647	2.605	2.100	2.589	844	781	3.067	2.436	3.757	3.123	2.917	3.984	3.060	5.448	5.300	4.640	3.425	6.169	3.982	2.388	6.169	52
Nycticorax nycticorax														8				80	6	19	64	62	23	20	12	95	67	103	215	0	55	215	0
Casmerodius albus																				18	17	15	24	38	74	107	78	86	190	145	72	190	15
Ardea cinerea	619	1.043	907	632	1.300	823	1.300	1.149	1.200	1.000	1.365	1.278	1.500	1.031	1.170	878	586	1.542	1.484	1.557	1.696	1.651	918	1.947	2.397	2.305	2.058	1.572	2.118	2.377	1.380	2.397	586
Plegadis falcinellus																				2	3	5	10	15	4	8	147		527	668	139	668	2
Platalea leucorodia																					3	4	8		2	0	2	2	7	3	3	8	0
Phoenicopterus roseus						0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	41	2	143	34	8	0	2	3		3	0	0	9	152	606	43	606	0
Anser anser	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	4	0	4	15	0	4	8	0	0	3	1	1	4	3	11	0	0	0	3	15	0
Tadorna tadorna	0	49	0	18	26	1	0	4	1	3	14	0	0	46	24	300	80	13	41	75	17	62	11	44	73	63	68	241	130	144	52	300	0
Anas penelope	59	521	1.875	1.965	175	1.950	215	1.425	0	3.958	772	356	652	3	22	1.114	104	70	38	19	77	824	200	91	473	399	92	35	48	63	587	3.958	0
Anas crecca	500	4.812	2.977	1.605	650	2.370	1.398	701	500	1.000	576	574	1.061	1.452	340	556	1.262	352	1.504	464	504	607	980	643	2.357	1.961	4.707	1.274	2.502	2.909	1.437	4.812	340
Anas platyrhynchos	1.865	1.962	4.575	5.720	4.184	2.100	4.196	8.626	3.506	1.853	4.693	7.322	4.725	5.330	9.111	6.252	6.807	6.683	8.230	10.981	11.347	11.927	12.658	16.949	16.229	20.108	20.078	21.458	24.055	16.993	9.351	24.055	1.853
Anas acuta	110	3.267	1.532	1.982	262	4.220	113	1.132	116	662	831	1.100	340	7	22	1.291	448	108	312	128	119	783	658	297	889	571	394	96	1.297	534	787	4.220	7
Anas querquedula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		1	1	1	2	0	1	1	0	2	1	0	2	0
Anas strepera	66	305	154	87	68	10	86	100	26	105	118	102	14	115	63	311	199	102	55	24	52	74	36	88	119	161	135	148	204	352	116	352	10
Anas clypeata	2.113	20.851	19.468	24.430	8.729	20.296	656	28.732	10.659	17.142	19.950	11.747	12.649	380	748	10.201	7.492	5.716	3.948	1.982	1.014	5.485	1.128	2.026	5.638	10.985	7.113	4.552	5.608	9.164	9.353	28.732	380
Marmaronetta angustirostris					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Netta rufina	9.714	9.206	14.306	10.105	5.023	11.100	4.023	8.360	2.990	2.467	4.872	7.330	5.095	2.753	3.566	5.124	4.140	5.118	1.404	2.910	973	9.450	2.088	1.401	4.304	3.619	2.705	2.738	4.821	3.204	5.164	14.306	973
Aythya ferina	2.506	2.736	3.100	4.642	2.210	5.700	900	524	675	656	2.420	3.303	1.678	196	17	172	1.981	689	165	92	155	479	396	372	1.606	1.518	167	12	44	545	1.322	5.700	12
Aythya fuligula	20	150	37	5	26	52	35	20	0	15	132	65	8	6	2	3	15	5	14	2	3	7	12	5	21	35	1	0	3	8	24	150	0
Aythya nyroca	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	2	6	4	0	0	1	2	1	0	0	0	0	2	1	2	2	1	0	0	1	1	6	0
Oxyura leucocephala					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Porphyrio porphyrio		6	4	3	+	+	+	+	+	70	38	6	4	3				1	1	70	38	17	57	58	64	44	195	71		109	43	195	1
Fulica atra	183	234	14	0	12	100	155	88	20	9	54	222	408	99	64	27	300	190	251	173	230	394	137	247	1.031	631	583	274	631	373	238	1.031	0
Fulica cristata					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	6	15	5	5	8	1	15	12	19	5	4	19	0
Burhinus oedicnemus																										0	0	0	0	0	0	0	0
Himantopus himantopus	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	8	0	7	11	4	21	0	3	41	2	3	86	10	14	122	104	42	16	122	0
Recurvirostra avosetta	0	46	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	58	90	26	43	0	11	4	14	8	11	11	24	56	19	25	17	90	0
Charadrius dubius	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0		2	2	11	3	6	0	0	14	3	47	0
Charadrius hiaticula	15	6	15	6	3	40	0	0	0	0	0	44	14	0	0	34	20	9	25	7	41	10	17	20	66	42	60	44	34	40	20	66	0
Charadrius alexandrinus	1	9	24	2	4	20	0	48	25	0	44	25	21	0	0	26	29	15	27	22	28	18	11	18	22	33	51	34	23	28	20	51	0
Pluvialis apricaria	51	63	0	92	88	15	0	501	0	5	64	108	0	32	0	0	61	72	351	254	332	365	861	649	1.157	1.763	1.871	1.745	1.765	1.866	471	1.871	0
Pluvialis squatarola	32	15	0	70	42	50	0	62	0	0	63	6	11	0	0	0	60	22	56	65	43	23	26	45	76	19	66	78	78	47	35	78	0
Vanellus vanellus	2.121	26.569	937	20.700	2.165	1.033	653	2.000	1.442	1.553	777	1.199	1.034	1.234	486	721	865	669	4.232	1.443	3.349	1.282	3.923	3.490	9.246	9.124	6.063	6.306	5.611	5.450	4.189	26.569	486
Calidris alba	0	72	0	0	0	70	0	14	0	0	59	250	19	42	0	11	0	32	115	103	26	24	21	33	16	27	128	90	159	153	49	250	0
Calidris minuta	0	0	0	0	0		0	5	0	0	0	170	0	1	50	2	18	2	273	6	42	3	24	17	200	263	129	109	97	136	53	273	0
Calidris alpina	151	14	10	75	29	100	0	280	100	0	134	0	254	450	227	296	466	241	431	534	348	267	331	241	445	470	730	921	731	300	286	921	0
Philomachus pugnax	84	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	11	17	4	98	32	111	48	162	26	33	71	111	27	162	0
Lymnocriptes minimus	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	(+)	2	61	0
Gallinago gallinago	1.464	1.193		710	200	400	1.000	1.500	500	800	35	4	365	192		21	170	291	165	14	329	239	230	327	426	629	511	474		(+)	469	1.500	4
Limosa lapponica																										3	0	1	2	0	1	3	0
Limosa limosa	7	9	0	0	13	0	3	31	1	9	110	34	36	116	52	57	302	64	189	71	5	102	112	95	81	168	115	160	96	194	74	302	0
Numenius arquata	0	54	0	0	3		0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	2	2	10	0	0	16	8	5	6	9	10	16	0	0	5	54	0
Tringa erythropus	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	27	11	118	47	57	54		78	7	49	96	3	19	118	0
Tringa totanus	12	8	0	0	0	0	0	72	0	0	0	19	0	25	5	0	0	0	0	0	0	1	3	2		1	0	1	1	1	5	72	0
Tringa nebularia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	37	22	39	49	51	60	21	46	33	37	56	11	16	60	0
Tringa ochropus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	2	3	6	14	24	37	39	42	34	20	16	8	42	0
Tringa glareola																									24	24	33	14	34	0	22	34	0
Actitis hypoleucos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	5	7	5	16	13	5	1	1	2	16	0
Arenaria interpres																										0	0	0	0	0	0	0	0
Larus melanocephalus	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	6	3	6	46	0	12	2	3	46	0
Larus minutus																						4	12	6	5	19	0	0	0	0	5	19	0
Larus ridibundus	24.711	24.227	40.055	31.396	27.390	21.968	10.000	26.086	32.792	58.287	32.002	21.080	20.758	16.680	25.000	14.101	10.359	18.569	20.895	22.723	39.256	28.011	26.503	20.902	36.162	43.877	19.538	19.320	20.675	15.282	25.620	58.287	10.000
Larus genei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1					0	0	0	0	0	0	1	0
Larus audouinii	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	6	1	4	2	3	7	11	11	7	24	17	14	7	8	5	4	24	0
Larus fuscus	757	186	268	184	216	238	418	774	1.222	113	271		391	522	384	1.221	430	1.329	1.452	2.559	3.067	1.110	1.725	1.498	3.649	4.120	2.263	2.949	3.737	1.621	1.334	4.120	113
Larus michahellis	1.106	918	1.228	894	542	320	630	1.007	898	2.986	1.181	2.968	5.122	1.814	964	1.185	699	4.595	1.993	1.694	2.143	1.349	3.611	1.019	1.723	1.422	1.377	174	259	335	1.539	5.122	174
Chlidonias hybridus																					2	2	1			9	10	10	6	8	6	10	1
Sterna sandvicensis	0	47	0	0	122	0	0	150	31			190	4			79	25	19	220	8	140	252	185	279	61	120	61	149	215	128	96	279	0
Sterna albifrons																										0	0	0	0	0	0	0	0
Circus aeruginosus	26	15	9	18	10	0	24	25	17	21		210	139	141	180	159	76	188	148	110	80	80	112	102	161	143	119	93	125	176	93	210	0
Pandion haliaetus																					3	1	2	2	2	2	0	0	0	0	1	3	0
TOTALES ANUALES	**49.232**	**99.929**	**93.158**	**107.878**	**55.097**	**74.622**	**29.366**	**88.589**	**61.109**	**96.553**	**74.230**	**65.611**	**61.791**	**38.514**	**50.154**	**49.945**	**43.840**	**60.119**	**60.204**	**65.876**	**74.492**	**73.462**	**67.732**	**60.253**	**100.973**	**115.007**	**80.920**	**73.054**	**85.869**	**72.916**	**71.017**	**115.007**	**29.366**

Tabla 7. Censos de avifauna invernante en el Parque Natural de l'Albufera. Fuente: Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

A continuación, la fig. 27 incluye la representación gráfica de la evolución de los censos de invernantes por especies para el periodo considerado.

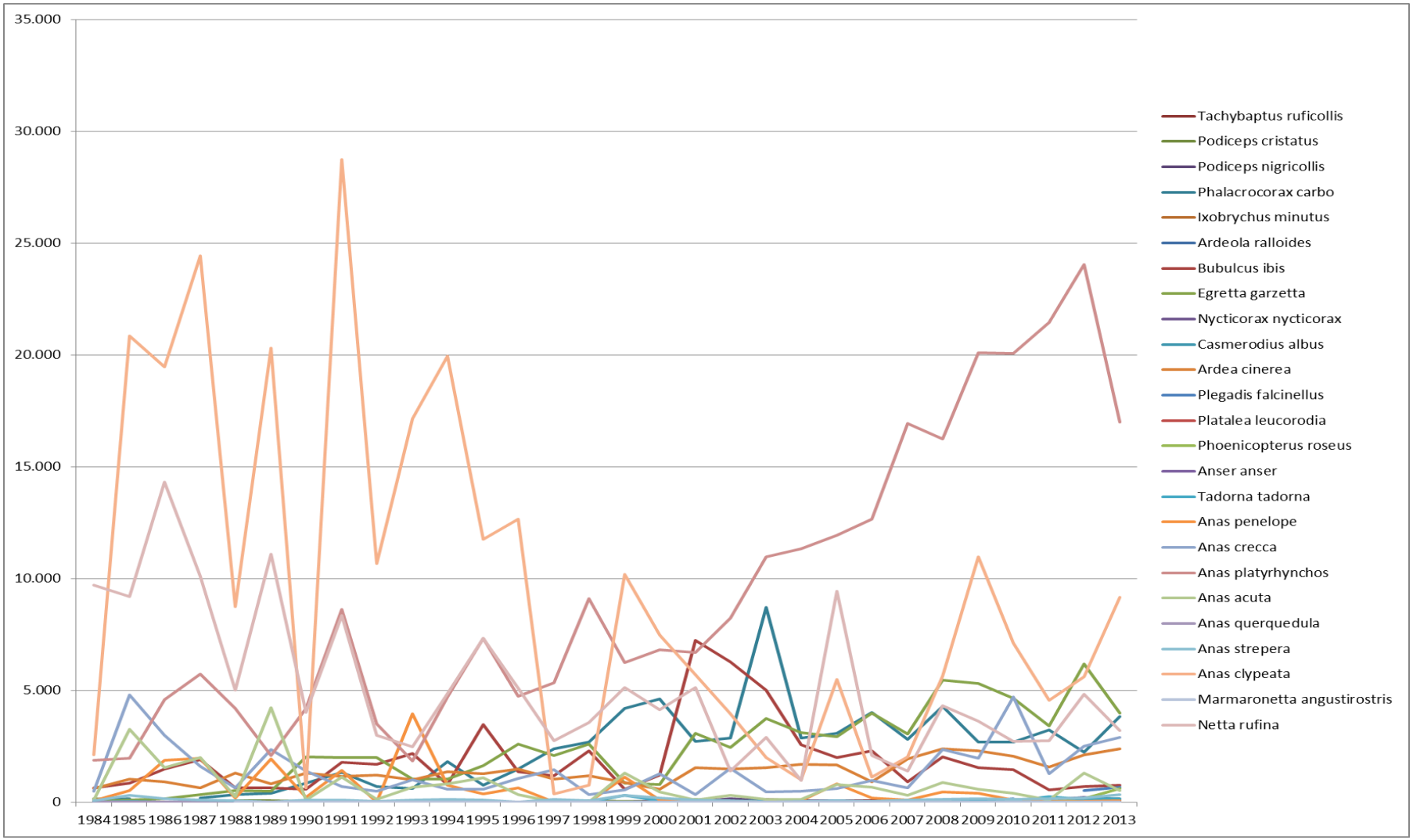


Fig. 27. Censos de poblaciones de avifauna invernante en l'Albufera por especie para el periodo 1984-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

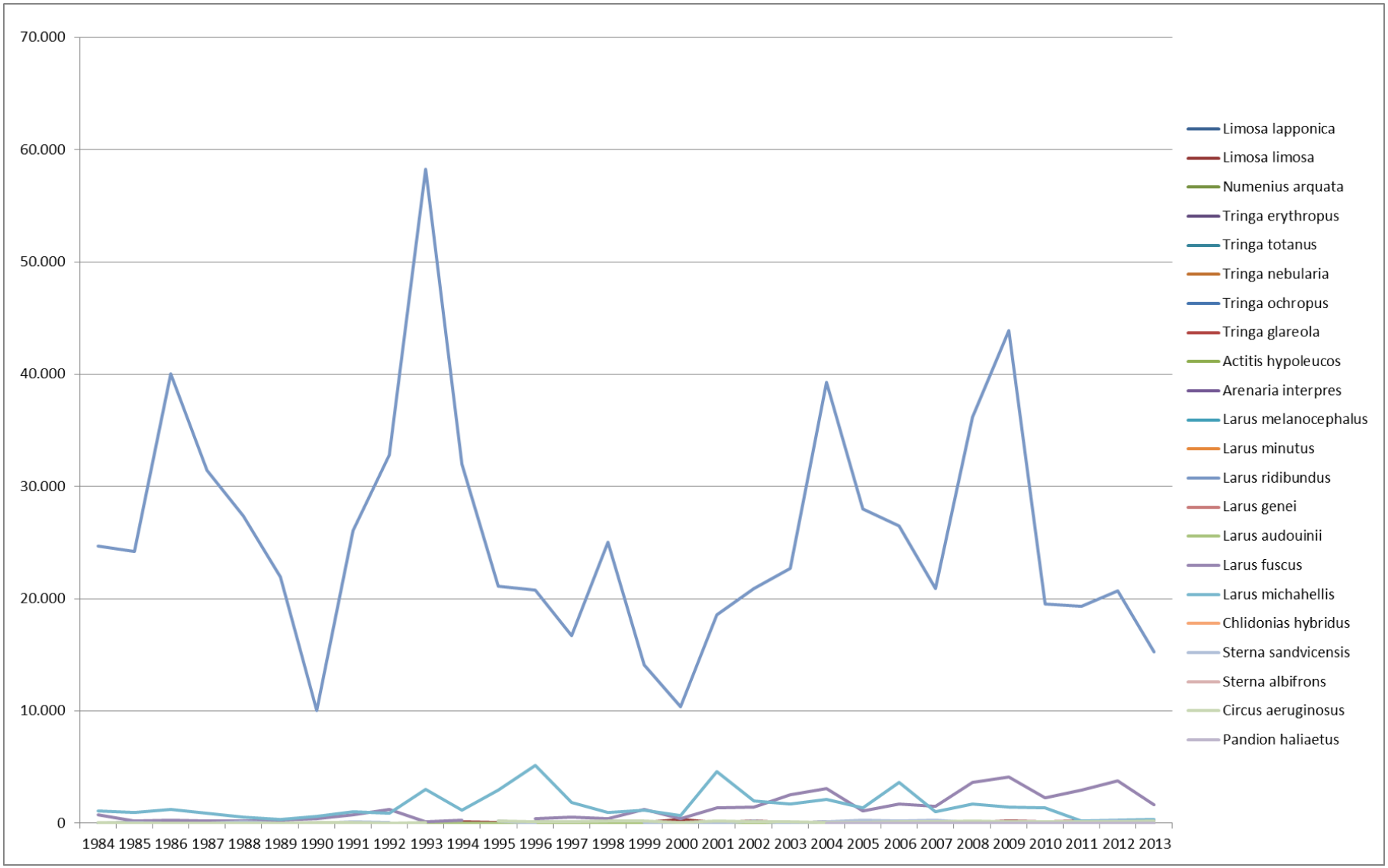


Fig. 28. Censos de poblaciones de avifauna invernante en l'Albufera por especie para el periodo 1984-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

Y a continuación se incluye el gráfico correspondiente a la evolución del total de poblaciones de aves invernantes.

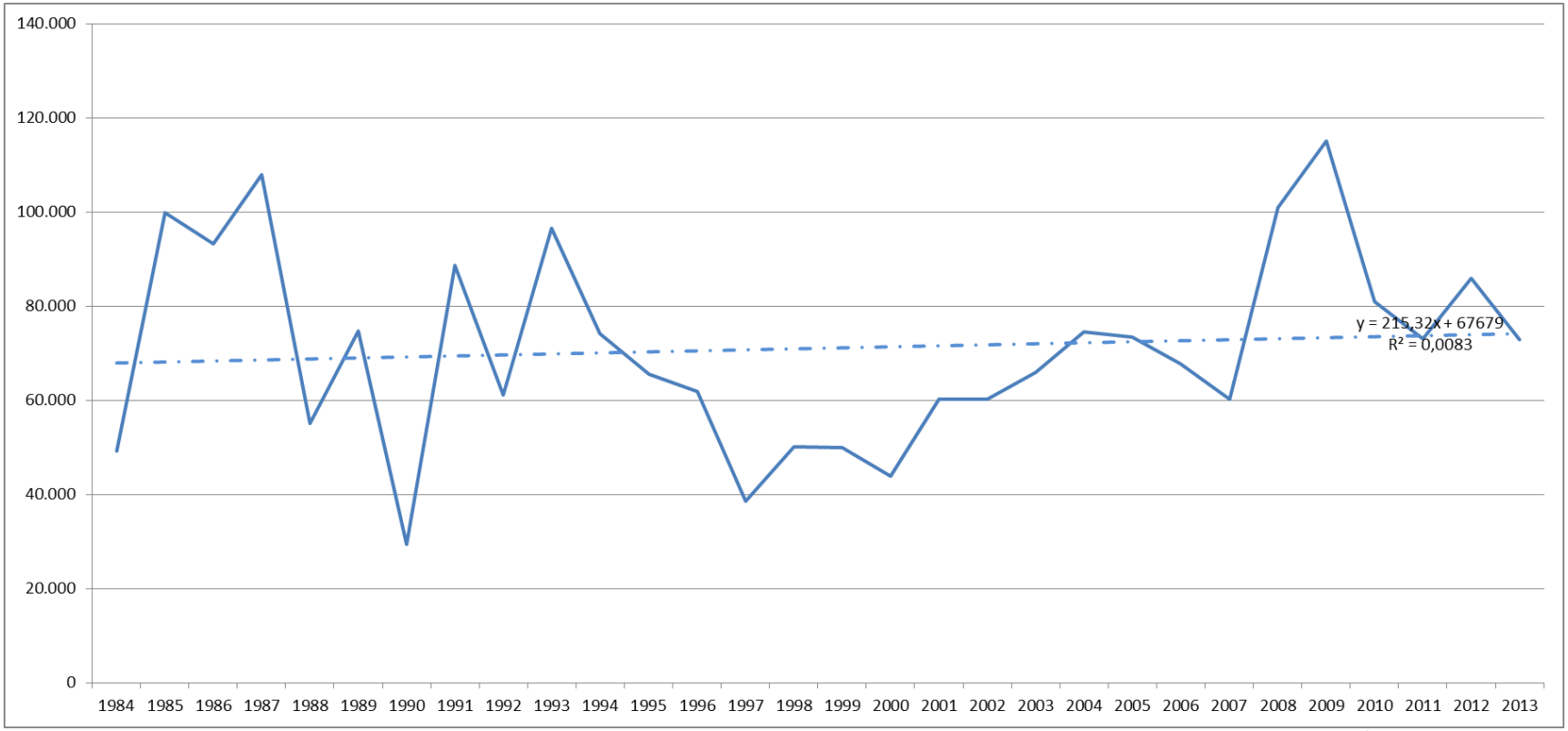


Fig. 29. Evolución y regresión lineal de las poblaciones totales de aves invernantes en l'Albufera de Valencia en el periodo 1984-2012. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

Se incluye continuación la tabla 8, correspondiente a los censos de las poblaciones de avifauna nidificante.

Especie/año	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	media	max	min
Tachybaptus ruficollis	60	50	50	41	70	60	40	35	54	73	30	76		34		58	42	65	47	68	57	47	61	74	67	70	58	52	47	55	76	30
Podiceps cristatus	90	75	30	63	68	66	40	45	30	20	60	55	48	42	56	61	63	53	35	29	30	29	50	45	38	48	33	35	25	47	90	20
Podiceps nigricollis					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0
Ixobrychus minutus	50	100	150	200	200	120	120	120	100	100	100	115		41		33	75	105	104	79	91	82	96	104	108	104	81	79	84	102	200	33
Nycticorax nycticorax	65	62	63	104	50	115	150	148	90	170	110	320	100	104	86	119	181	218	153	221	111	117	147	156	117	132	115	148	79	129	320	50
Ardeola ralloides	19	9	8	47	31	50	105	50	47	103	90	280	75	48	84	63	157	222	340	302	249	203	187	208	147	137	147	537	289	146	537	8
Bubulcus ibis	1.450	1.430	1.535	1.399	1.034	1.347	1.100	998	1.010	1.600	1.600	3.800	1.400	3.302	3.197	2.023	4.125	2.466	2.781	2.118	2.365	2.620	2.383	1.556	3.540	2.156	2.280	1.336	1.385	2.046	4.125	998
Egretta garzetta	450	622	705	829	1.154	1.426	1.339	1.005	870	1.000	910	1.750	800	1.420	2.912	760	1.849	1.487	823	1.626	1.332	1.708	1.802	2.215	1.290	1.286	1.636	1.849	1.010	1.306	2.912	450
Casmerodius albus																													0	0	0	0
Ardea cinerea	13	40	89	129	168	335	285	312	280	310	320	440	163	574	384	255	1.095	574	554	363	615	761	407	412	452	525	571	795	538	405	1.095	13
Ardea purpurea.	75	40	91	94	65	55	30	40	23	70	30	60	13	27	19	33	47	46	59	60	59	51	28	24	24	18	14	36	34	44	94	13
Plegadis falcinellus					0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0								3	21	55	5	55	0
Phoenicopterus ruber					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0	0
Tadorna tadorna					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1		2	1	1	3	5	5	4	1	5	0
Anas strepera					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0						0		0	0	1	0	1	0
Anas platyrhynchos	650	500	1.500	1.500	1.300	1.300	2.050	2.000	2.000	571	400	345	1.100	1.531	1.493	1.676	1.387	1.662	1.077	938	1.095	1.393	1.690	2.038	2.281	2.187	1.650	4.762	2.715	1.545	4.762	345
Anas querquedula.					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0	0
Anas clypeata				3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0									0	1	0	3	0
Marmaronetta angustirostris					0	0	0	0	0	0	3	4	3	6	6	5	4	0	0		4	4	2	4	1		2	0	0	2	6	0
Netta rufina.	250	150	1	45	20	15	30	18	22	36	30	63	104	71	51	50	45	20	25	30	49	41	34	28	23	37	44	22	30	48	250	1
Aythya ferina					0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	12	14	17	17	18	15	15	23	20	23	31	23	26	11	31	0
Aythya nyroca					0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0										0	0	1	0
Oxyura leucocephala					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	1	0			0	0	0	1	0
Fulica cristata					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	6	5	4	3	3	3	3	2	2	6	0
Fulica atra.	8	0	3	0	4	0	10	30	14	3	11	31	14	41	36	34	53	13	15	17	21	23	24	25	18	17	32	30	12	19	53	0
Porphyrio porphyrio					0	0	0	0	0	0	2	11	19	89	102	112	100	112	74	80	106	113	145	152	147	110	86	66	82	68	152	0
Himantopus himantopus	106	16	130	193	130	220	131	180	320	267	342	400	187	157	315	224	444	386	483	499	405	390	489	695	596	539	561	549	497	340	695	16
Recurvirostra avosetta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6	16	23	38	64	89	93	126	61	57	56	80	67	75	57	74	66	74	69	41	126	0
Burhinus oedicnemus					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						0		0	0	0	0	0	0
Glareola pratincola	20	7	9	5	0	6	3	4	2	23	27	13	14	7	9	33	28	12	3	16	12	27	50	84	131	51	83	96	100	30	131	0
Charadrius dubius	3	2	2	2	2	1		1	0	10	10	4	7	5	12	16	13	25	25	23	30	18	28	55	60	58	45	46	49	20	60	0
Charadrius alexandrinus	57	100	100	100	110	135	115	85	80	85	85	88	81	111	90	92	74	65	52	59	69	60	60	67	69	74	68	16	22	78	135	16
Vanellus vanellus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						0		0	0	0	0	0	0
Tringa totanus					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										0	0	0	0
Larus ridibundus	2	2	3	6	16	10	6	10	0	26	22	67	89	83	104	227	288	415	502	676	522	727	959	530	793	1.081	971	1.396	1.324	374	1.396	0
Larus genei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	2	3	11	56	37	77	54	48	54	72	59	91	224	112	122	41	37	224	0
Larus cachinnans/michahel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	1	1	1			3	1	3	2	3	1	5	0
Larus melanocephalus					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	16	19	29	63	173	137	145	275	35	275	0
Larus audouinii					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	8	55	88	140	275	642	633	742	104	742	0
Gelochelidon nilotica	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	97	163	182	218	281	353	480	649	485	497	634	764	657	773	1.031	653	810	816	330	1.031	0
Sterna sandvicensis	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	44	160	471	552	723	832	1.219	1.350	1.591	1.444	1.467	1.442	2.583	2.002	732	1.920	1.903	1.959	1.528	825	2.583	0
Sterna hirundo	138	153	60	175	109	79	183	200	250	1.008	668	1.108	1.650	1.125	1.715	2.104	2.089	2.095	2.293	2.434	2.121	1.971	2.266	2.292	1.013	1.680	1.695	1.402	1.438	1.225	2.434	60
Sterna albifrons	3	5	10	7	12	45	65	122	130	206	193	140	149	81	47	162	109	65	35	27	50	90	81	177	223	93	96	86	88	90	223	3
Chlidonias hybrida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								0	0	0	0	0	0
Circus aeruginosus																													3	3	3	3
TOTALES ANUALES	**3.516**	**3.363**	**4.539**	**4.942**	**4.543**	**5.385**	**5.802**	**5.403**	**5.322**	**5.695**	**5.129**	**9.447**	**6.678**	**9.677**	**11.732**	**9.360**	**14.002**	**12.116**	**11.882**	**11.738**	**11.496**	**12.732**	**14.572**	**13.880**	**13.021**	**14.130**	**13.826**	**17.135**	**13.414**	9.465	17.135	3.363

Tabla 8. Poblaciones de avifauna nidificante en l'Albufera de Valencia, en el periodo 1984-2012. Fuente: Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.

A continuación se incluye la representación gráfica de la evolución de las poblaciones de avifauna nidificante en l'Albufera por especie.

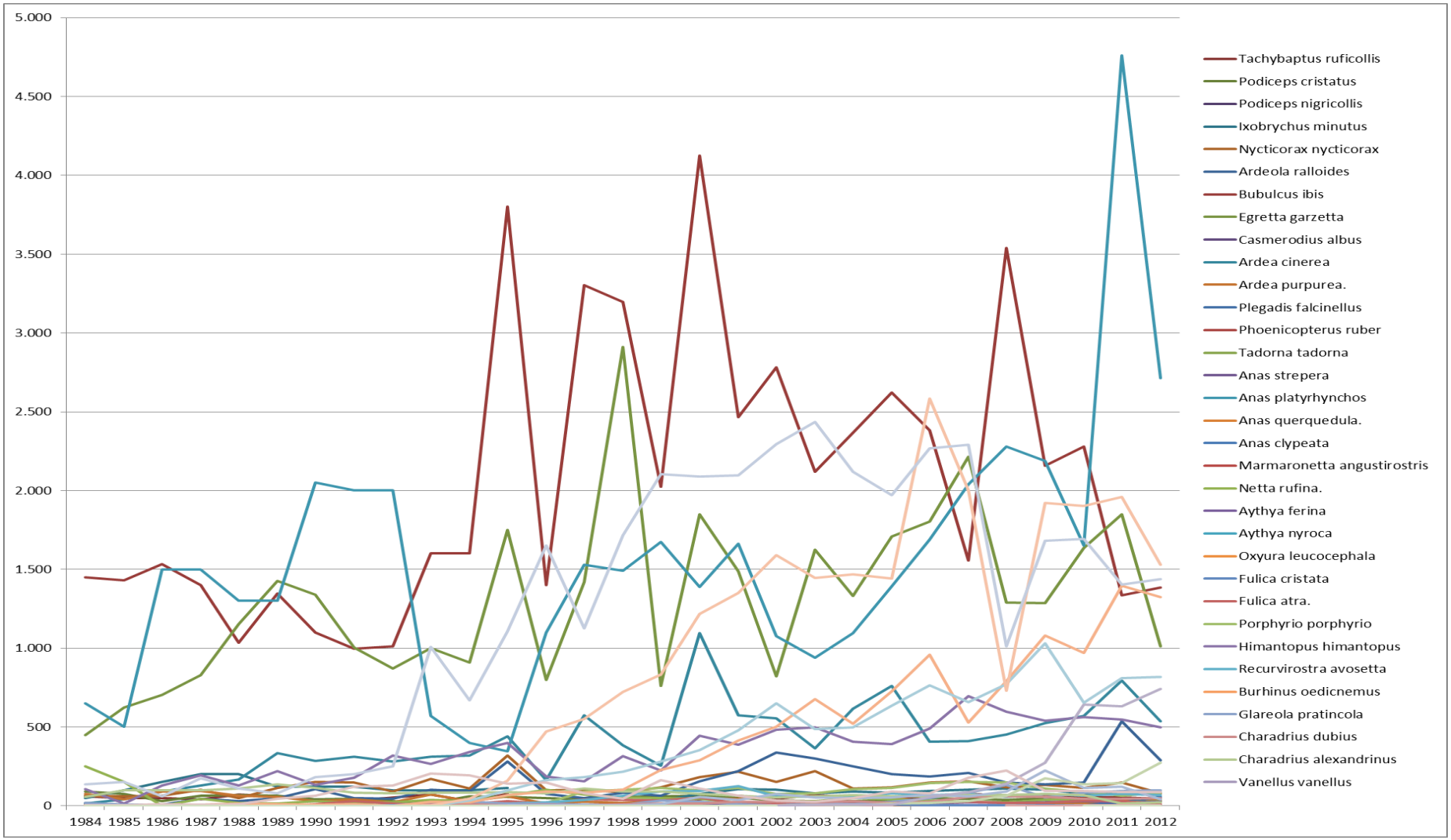


Fig. 30. Censo de poblaciones de avifauna nidificante en l'Albufera por especie para el periodo 1984-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente

Y por último se incluye la representación de la evolución de las poblaciones totales de nidificantes.

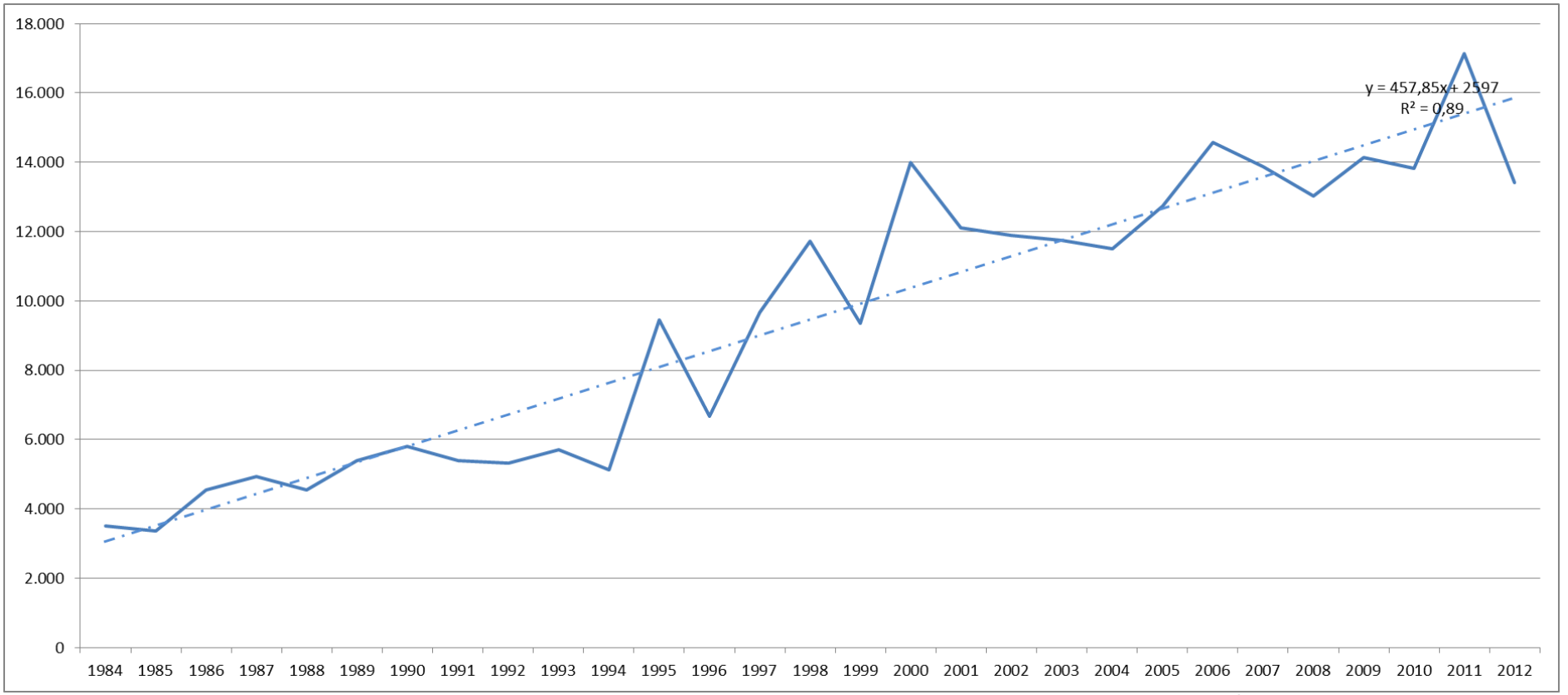


Fig. 31. Evolución y regresión lineal para las poblaciones totales de avifauna nidificante en l'Albufera para el periodo 1984-2013. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Generalitat Valenciana, Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente

Pasamos a continuación a valorar los datos correspondientes a las poblaciones de avifauna estudiadas.

Las poblaciones de invernantes muestran una fluctuación bastante intensa, moviéndose los valores absolutos entre un mínimo de 30.000 en el año 1990 y un máximo de 115.000 en 2009. Partiendo de unos valores altos para la primera parte del periodo se produce un periodo de bajos valores entre los años 1993 y 2007, para luego recuperarse al final del periodo considerado.

La presencia de invernantes en el sistema de l'Albufera está determinada por diversos factores, siendo el más significativo las condiciones climáticas invernales en la propia Albufera y en otras zonas de Europa de donde proceden, que determinan la disponibilidad de alimento que compensa el coste energético que supone para las aves el recorrer el trayecto entre las zonas de estiaje y las de invernada.

Según Senar y Borrás (Senar J. C. y Borrás, A.; 2004), las variables que mayormente explican la distribución invernal de las aves en la península Ibérica son la altitud, la estructura de la vegetación y la situación geográfica. Parámetros que describen las comunidades orníticas terrestres (densidad, riqueza y diversidad), pueden ser igualmente predichos por estas mismas variables. Los ambientes acuáticos están a su vez condicionados por la cuenca en que se localicen y por los regímenes de precipitaciones, que determinan los niveles de agrupación de los distintos contingentes de aves. A fin de compensar los mayores requerimientos energéticos del invierno, las aves han desarrollado distintas adaptaciones: aumentan el tamaño de las reservas de grasa, almacenan alimento, aumentan la tasa metabólica, y desarrollan distintos comportamientos especializados. La península ibérica ofrece un amplio abanico de posibilidades tróficas: hierbas, semillas, bulbos, tubérculos y rizomas; frutos, bayas y bellotas; piñones y otro recursos arbóreos; e invertebrados, en lo que respecta a los ambientes terrestres. En los ambientes acuáticos cabe destacar los recursos vegetales, invertebrados acuáticos y la ictiofauna. Finalmente las propias aves invernantes constituyen un recurso importante para las aves de presa. La influencia humana (basureros, piscifactorías, muladares, etc.) se deja notar en los cambios de hábitos alimentarios de varias especies. El aprovechamiento de estos recursos puede dar lugar a distintos patrones de utilización del espacio. Una de las estrategias más utilizadas durante el invierno consiste en la agregación de individuos en bandos, si bien otras especies siguen manteniendo patrones territoriales. La sociabilización invernal comporta distintos costes y beneficios, que son compensados con diversas estrategias, como los grupos heteroespecíficos, los dormideros comunales, la organización en jerarquías sociales, o la repartición del espacio entre clases. La presencia de efectivos invernantes puede variar mucho entre años, debido a fenómenos como las fugas térmicas, las irrupciones y los movimientos altitudinales. El invierno puede tener importantes consecuencias en los patrones evolutivos de las distintas especies, tanto porque muchas aves se aparean ya en esta estación, como por las fuertes presiones de selección a que se ven sometidas en los cuarteles de invernada por la mayor rigurosidad de esta estación.

Asimismo estos mismos autores indican que en los humedales del ámbito mediterráneo, la capacidad de acogida de la avifauna acuática invernante oscilará anualmente, dependiendo en buena medida de la magnitud de las precipitaciones anuales. El rebrote de la vegetación helofítica debido a las lluvias, hace que las áreas palustres actúen como zonas idóneas para la invernada de las aves acuáticas fitófagas. En general, las anátidas durante la reproducción tienen una dieta basada más en los invertebrados, pasando a ser

fundamentalmente herbívoras en invierno. La profundidad de las aguas y el nivel de vegetación higrófita y helofítica serán factores determinantes del tipo de anátidas que los podrá explotar. En el caso de la Albufera este factor lo consideraríamos no determinante, puesto que el sistema se halla prácticamente desvinculado del régimen de lluvias, al recibir los aportes hídricos mayoritariamente a través de un sistema de riego altamente regulado, que atenúa la variabilidad y proporciona unas condiciones más estables en el sistema.

Así, aunque las condiciones ambientales del sistema Albufera influyen determinantemente en los contingentes de invernada, es difícil disociar este factor de la influencia climática y de otros que influyen en esta dinámica, lo cual dificulta su utilización como indicador de la evolución de la calidad del sistema.

No obstante cabe indicar que las cifras de los censos de invernada ratifican que se trata de un enclave de importancia estratégica en las dinámicas de la población de aves acuáticas a nivel peninsular y europeo. Los datos censales muestran una tendencia clara de evolución, en el sentido de una mejora de las condiciones de invernada en los últimos años

Respecto a la evolución de las poblaciones totales de avifauna nidificante estas muestran un incremento sostenido en el periodo considerado. Una evolución ascendente continuada que partiendo de un contingente de menos de 4000 en el año 1984, alcanza las 16.000 en el 2011, en un marcado ascenso que parece apuntar a una mejora de las condiciones ambientales del sistema.

Cabe matizar que esta evolución se refiere al conjunto de las especies que nidifican en el sistema, ya que estas, tomadas independientemente, muestran comportamientos particulares en su evolución, con fluctuaciones anuales marcadas, aunque para la mayoría de ellas la tendencia se orienta claramente al alza.

J. Bustamante, P. Gaona y M. Calvo (Bustamante, J. Et All.; 1988) a partir del análisis de los datos de distribución de aves nidificantes en un área de transición climática templado-mediterránea, mediante un análisis de correspondencias, concluían que el principal factor que determina la distribución de las aves en este territorio es el clima, especialmente el déficit hídrico. Otros factores ambientales como altitud, estructura de la vegetación, presencia de zonas húmedas y distribución de núcleos urbanos, posiblemente en ese orden, tienen una influencia secundaria; mientras que la densidad de población humana apenas tiene influencia.

El hecho de que la evolución de los valores de poblaciones nidificantes no guarden una correlación relación directa con los de invernantes, mostrando los primeros una evidente tendencia al alza sugiere una mejora en las condiciones ambientales de l'Albufera independiente de la oscilación interanual de las condiciones climáticas que parece condicionar en mayor medida el comportamiento de las poblaciones de invernantes.

La tendencia de futuro para estas variables es difícil de concretar. La regresión lineal indica con un alto grado de correlación R=0.89 una sostenida tendencia al alza de las poblaciones de nidificantes, como ya se ha indicado, por lo que cabe esperar que se siga produciendo un incremento sostenido de las mismas en los años inmediatos. Sin embargo, resulta más complejo considerar la evolución para los horizontes temporales considerados en este estudio como marco para la construcción de los escenarios de futuro. No podemos estimar a priori la capacidad de acogida o de carga máxima del sistema de l'Albufera para

las poblaciones de avifauna. Es decir, no disponemos de herramientas de cálculo fiables para determinar o al menos aproximar qué volumen máximo de poblaciones de avifauna es capaz de sostener el sistema de l'Albufera, por lo que no es posible determinar hasta cuando continuará el incremento de población que se ha venido produciendo en las tres últimas décadas y por tanto cuales pueden ser los contingentes de aves nidificantes que habiten l'Albufera en los horizontes temporales considerados.

No obstante podemos aventurar una evolución positiva de las poblaciones nidificantes si continua la mejora actual en la calidad de los recursos hídricos, la disminución de la presencia de sustancias tóxicas, se mantiene la disponibilidad de alimento derivada del cultivo arrocero y aumenta la procedente de otras fuentes, como la proporcionada por la vegetación acuática y la ictiofauna, que constituyen la base alimenticia natural de gran parte de las de especies.

A este respecto cabría remarcar que una recuperación de las poblaciones de macrófitos sumergidos desaparecidos de l'Albufera principios de los años 70 supondría la recuperación de un recurso alimenticio fundamental para las poblaciones de aves e ictiofauna, disminuyendo así la actual dependencia de los recursos proporcionados por el arrozal. Tal posibilidad no parece por el momento factible, dado el bajo nivel de calidad de las aguas actualmente existente en el sistema, que, aunque va mejorando progresivamente, todavía alcanza los niveles mínimos necesarios.

5.3. Ciclos Biogeoquímicos.

La caracterización de los ciclos biogeoquímicos que actualmente se desarrollan en el sistema de l'Albufera se ha abordado implícitamente en los apartados anteriores, al encontrarse estos alejados de sus características naturales y ser los propios de un sistema hipertrófico. Estos ciclos vienen pues caracterizados por la presencia excesiva de nitrógeno y fósforo, lo que determina el funcionamiento anómalo del sistema, con exceso de fitoplancton y ausencia de las comunidades vegetales propias de este.

Un primer estudio detallado de los balances y flujos de fosforo en l'Albufera lo aportan Vicente y Miracle en el estudio anteriormente citado en esta tesis (Vicente, E., Miracle, M.R., 1992). Realizaron su estudio en 1988, basado en medidas estacionales de flujo y concentración de nutrientes en los 36 principales canales de aporte de agua y en 3 canales de salida, así como en el interior del lago.

Constataban así, como se ha corroborado en estudios posteriores citados en esta tesis, que las entradas anuales de nutrientes al sistema eran extremadamente altas a consecuencia de los vertidos de aguas residuales urbanas en los canales de entrada. Estimaban que en aquel entonces los aportes de aguas residuales constituían el 28% del total de aportes al sistema. La concentración de nutrientes en el agua de l'Albufera indicaban que era muy baja, así como la salida de nutrientes inorgánicos. Así indican que las salidas de N y P eran 50 veces menores que las correspondientes entradas. Las entradas de P particulado es debida principalmente a la materia orgánica, mientras que las salidas las constituyen principalmente la biomasa del fitoplancton.

Proponían así estos autores un modelo de funcionamiento del sistema basado en el balance del fosforo, que reproducimos a continuación por su interés.

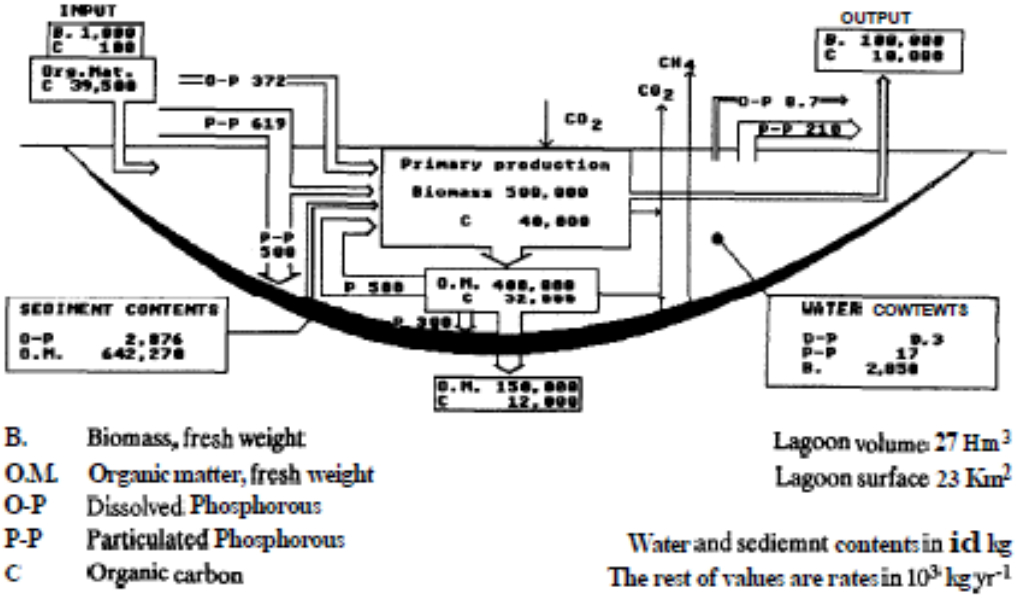


Fig.32. Modelo de funcionamiento del sistema de l'Albufera en base al balance de fósforo. Tomado de Vicente, E., Miracle, M.R., 1992.

Resumiendo, indican los autores que el fosforo entra al sistema en forma orgánica soluble o como partículas de materia orgánica con una baja proporción de células algales y hojas y la abandona principalmente en forma de biomasa fitoplanctónica. Un aspecto importante

señalado por estos autores es que abandona 100 veces más biomasa el sistema que la que entra, indicando que esto es debido a que la laguna actúa como un tanque de cultivo; desarrollándose la producción primaria a partir de la entrada de nutrientes externos y del reciclado de producción previa fitoplanctónica a partes iguales. A partid de esta asunción, los autores estima que teniendo en cuenta la relación P/biomasa=1/500, puede estimarse que el fitoplancton utiliza alrededor de la mitad del total de fosforo entrante, que es alrededor de 10^6 Kg $año^{-1}$. Es decir, la mitad de la producción primaria es reciclada y reincorporada apara promover nueva producción mientras la otra mitad es exportada en 20% al mar y un 30% al sedimento. La producción primaria sería así muy baja comparada con las entradas de fosforo y la presencia permanente de masa algal existente en el sistema. El factor limitante en este caso sería la luz, permitiendo una producción de alrededor de 2 g C m-3 h-1 restringida a una delgada capa superficial de la masa de agua, siendo negligible en el resto de esta.

	$N\text{-}NH_4^+$	$N\text{-}NO_2^-+NNO_3^-$	N-org	$P\text{-}PO_4^{3-}$	P-part	Sewage
INFLOW CHANNELS						
10^3 kg yr^{-1}	1907.9	2076.9	4335.1	371.8	619.3	78.6 Hm^3yr^{-1}
g $m^{-2}yr^{-1}$	74.3	80.8	168.7	14.5	24.1	3.1 $m^3m^{-2}yr^{-1}$
OUTFLOW CHANNELS						
10^3 kg yr^{-1}	178.8	191.8	1470.0	8.7	210.0	
g $m^{-2}yr^{-1}$	7.0	7.5	57.2	0.3	8.2	

Tabla 9. Flujos globales de nutrientes y polución en el sistema de l'Albufera. Tomado de Vicente, E., Miracle, M.R., 1992.

Concluyen así Vicente, (E., Miracle, M.R., 1992) que el sistema de l'Albufera funciona como un quimiostato y una laguna de tratamiento de agua residual, grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica entraban en la laguna y los flujos de salida se hallan libres de N y P. Sin embargo en el interior de la laguna los nutrientes y la materia orgánica son convertidas en biomasa la cual es removida el sistema y depositada en el sedimento, siendo una parte pequeña exportada a través de os flujos de salida al mar.

Otra descripción más reciente del ciclo del fósforo en el sistema de l'Albufera la encontramos en Álvarez Díaz *et all*. 2010.

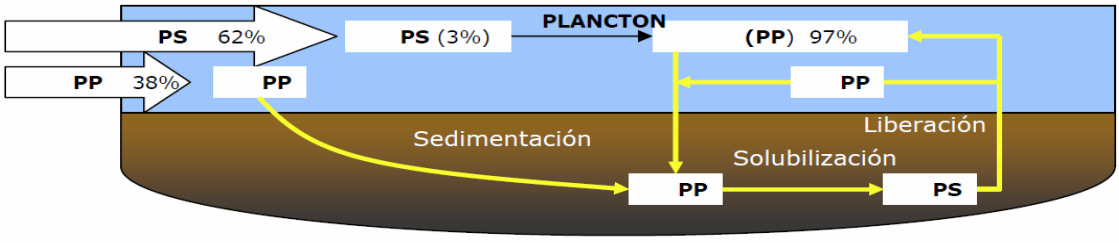


Fig. 33. Ciclo actual del fósforo en el sistema de l'Albufera. Tomado de Álvarez Díaz, C. *et all*. 2010

En otros apartados de este documento se describen en mayor extensión los aspectos relacionados con la problemática de los lodos y otros aspectos relacionados con los ciclos de nutrientes en el sistema de l'Albufera, por lo que no se va incidir ya en mayor medida en ello.

5.4. Factores socioeconómicos.

5.4.1. Evolución demográfica.

El sistema Albufera, como se ha reiterado repetidas veces en este documento, es un sistema fuertemente antropizado, en el que la intervención humana se remonta a tiempos prehistóricos y en el que las favorables condiciones que ofrece para el desarrollo de las actividades humanas ha favorecido el asentamiento de población desde épocas remotas.

Así se tiene constancia de núcleos de población en el entorno del humedal desde por lo menos época íbera, presentando ya en época romana notables asentamientos de población en su perímetro, asentamientos de los que algunos perduraron durante la época medieval, aun pasados por el tamiz del periodo de dominación musulmana y fueron incrementándose en la época moderna, hasta alcanzar una conurbación de notable densidad, como la que ahora existe.

Es de destacar la diversidad que presenta la tipología de núcleos urbanos en el entorno del humedal, encontrando desde un gran núcleo metropolitano como la ciudad de Valencia, de más de 800.000 habitantes, a núcleos de pequeñas dimensiones como El Palmar o El Romaní, pasando por toda una gradación de tamaños en el resto de las poblaciones.

Es destacable también, como se analizará en el apartado correspondiente a la estructura urbana del sistema, la existencia de una elevada población flotante, vinculada a los núcleos de segunda residencia existentes, situados mayoritariamente en el frente marítimo del humedal.

Dado que la evolución histórica de los asentamientos humanos en el ámbito de l'Albufera ha sido analizada, aun de forma genérica, en este documento y un análisis "in extenso" supera el objeto del presente estudio, centraremos el análisis en los datos de población contemporáneos y sus previsiones de evolución, con objeto de configurar un parámetro de interés a la hora de construir los escenarios de evolución futura del sistema.

El humedal de l'Albufera se halla en la actualidad rodeado casi por completo por núcleos urbanos de considerable población. Incluso en su frente marino se ha producido un fuerte desarrollo urbano relacionado con viviendas de segunda residencia e infraestructuras turísticas. En el apartado correspondiente de este estudio se analizará las formas de ocupación del territorio en el ámbito considerado.

En total, si consideramos no solo aquellos municipios que tienen parte de su término incluido en el ámbito territorial del Parque Natural, sino los que se encuentran en el ámbito de influencia inmediato del mismo a través de su cuenca vertiente, la población existente en el entorno es superior al millón de habitantes.

A continuación se incluye la tabla 10 con los datos de población de estos municipios en los últimos años de para los que disponemos de estadísticas.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Alaquàs	29.695	30.104	30.177	30.297	30.392	30.270	30.235
Albal	14.061	14.505	14.840	15.084	15.443	15.618	15.594
Albalat de la Ribera	3.382	3.321	3.429	3.541	3.590	3.585	3.609
Alfafar	19.877	20.322	20.321	20.655	20.853	20.730	20.728
Algemesí	26.740	27.326	27.272	27.770	28.308	28.329	28.293
Catarroja	23.895	24.916	25.650	26.552	27.035	27.175	27.330
Almussafes	7.640	7.836	7.967	8.189	8.300	8.358	8.408
Cullera	23.261	23.619	23.406	23.777	24.121	23.813	23.304
Benetússer	14.032	13.940	14.283	14.824	15.313	15.399	15.290
Benifaió	12.208	12.208	12.204	12.119	12.204	12.220	12.117
Beniparrell	1.808	1.810	1.896	1.955	1.949	1.950	1.996
Favara	1.903	1.965	2.048	2.118	2.265	2.373	2.411
Fortaleny	997	997	991	1.014	997	1.026	1.039
Llaurí	1.229	1.245	1.318	1.343	1.313	1.332	1.306
Massanassa	7.919	8.127	8.325	8.784	8.968	8.918	9.022
Picanya	10.057	10.278	10.543	10.861	11.053	11.137	11.261
Picassent	17.375	17.848	18.556	19.385	19.786	19.944	20.087
Polinyà de Xúquer	2.244	2.257	2.404	2.479	2.492	2.511	2.504
Riola	1.734	1.762	1.824	1.826	1.829	1.840	1.875
Silla	17.546	18.756	18.597	18.985	18.979	19.143	19.213
Sedaví	8.991	9.344	9.575	9.750	9.913	9.971	10.092
Sollana	4.519	4.567	4.708	4.889	4.913	4.899	5.041
Sueca	27.253	27.593	28.112	28.713	28.908	28.926	28.986
Valencia	796.549	805.304	797.654	807.200	814.208	809.267	798.033
TOTALES	**1.074.915**	**1.089.950**	**1.086.100**	**1.102.110**	**1.113.132**	**1.108.734**	**1.097.774**

Tabla 10. Evolución de la población total en los municipios entorno Albufera (habitantes). Fuente: IVE.

Puede observarse que la mitad de los municipios considerados cuenta con una población de más de 10.000 habitantes, superando 6 de ellos la cifra de 20.000. La población total en el entorno del sistema supera el millón de individuos.

A continuación se incluye una representación gráfica de la evolución de la población censada desde el año 2005 al 2011.

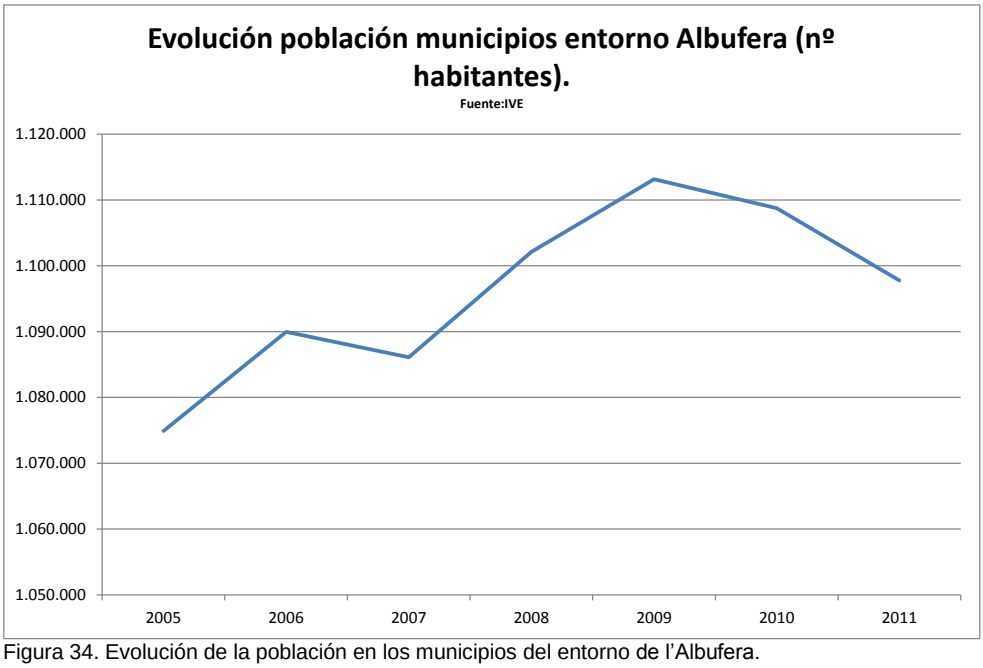


Figura 34. Evolución de la población en los municipios del entorno de l'Albufera.

Se observa que tras un periodo de tendencia sostenida al crecimiento en el periodo comprendido entre 2005 y 2009, a partir de este año se produce un marcado decrecimiento a partir del año 2009, que cabe vincular, más que a factores de envejecimiento y disminución de natalidad, al periodo de crisis económica iniciado a nivel mundial en 2007 y que en España empieza a hacerse sentir con mayor intensidad a partir de 2008 y que ha conllevado una brusca inversión de los flujos migratorios.

El IVE proporciona a su vez proyecciones de los niveles de población a medio plazo, agregados por comarcas.

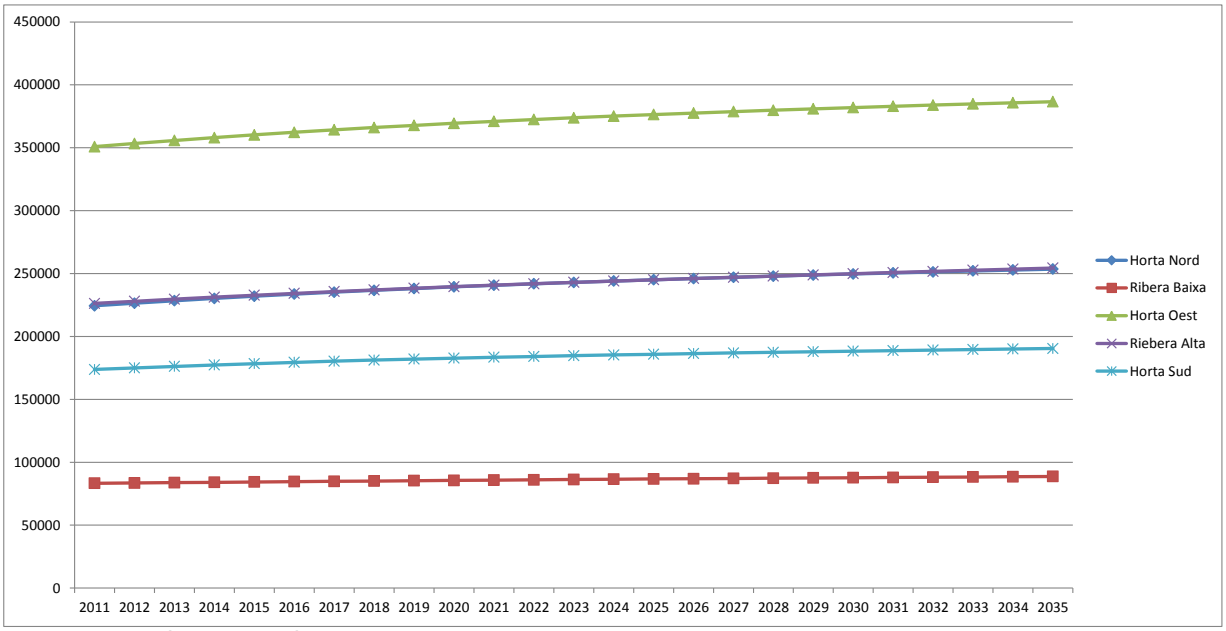


Fig. 35. Proyección de población por comarcas. Fuente IVE.

Puede apreciarse como las tendencias a medio plazo son de crecimiento sostenido de la población, más acentuadas en las comarcas de l'Horta que engloban a la ciudad de Valencia y su área metropolitana así como la Ribera Alta, mientras que la tendencia en la zona de la Ribera Baixa parece al mantenimiento de una población estable.

Los valores de incremento respecto a la actualidad par el año 2035 se sitúan entre el 10 y el 13% para las comarcas de l'Horta y de la Ribera Alta, mientras que para la Ribera Baixa el crecimiento previsto es del 6%.

Son crecimientos significativos, que cabe tomar en consideración a la hora de evaluar la presión sobre el sistema del humedal que puede derivarse del incremento poblacional.

Este incremento de presión puede concretarse en dos aspectos: el incremento de los volúmenes de aguas residuales producidos en las zonas urbanas y el incremento de suelo sellado por la elevación de la demanda de suelo urbano.

Ambos factores no obstante pueden soslayarse adecuadamente, por una parte adaptando la capacidad de las EDAR existentes a la nueva demanda y por otra mediante una adecuada ordenación urbanística que limite la expansión de suelo sellado en el entorno del sistema.

5.4.2. Usos del suelo. Ocupación urbana del territorio en el ámbito de l'Albufera.

El desarrollo urbano e industrial también ha tenido un fuerte impacto en el humedal. De hecho éste se extiendo bajo la influencia de los términos de Valencia, Beniparrell, Silla, Sueca, Cullera, Albal, Catarroja, Sedaví, Sollana, Alfafar, Massanassa, Algemesí y Albalat de la Ribera, contabilizando estos trece municipios una población superior, como se ha indicado, al millón de habitantes. El resultado ha sido una localización industrial y urbana desordenada en muchos sectores.

Con objeto de disponer de una visión de la evolución de la ocupación del territorio en el entorno del sistema de l'Albufera incluimos a continuación la cartografía correspondiente al programa CORINE de los años 1990, 2000 y 2006. Por dificultades técnicas se incluye la leyenda de los mismos en el anexo II (p. 275) de esta tesis.

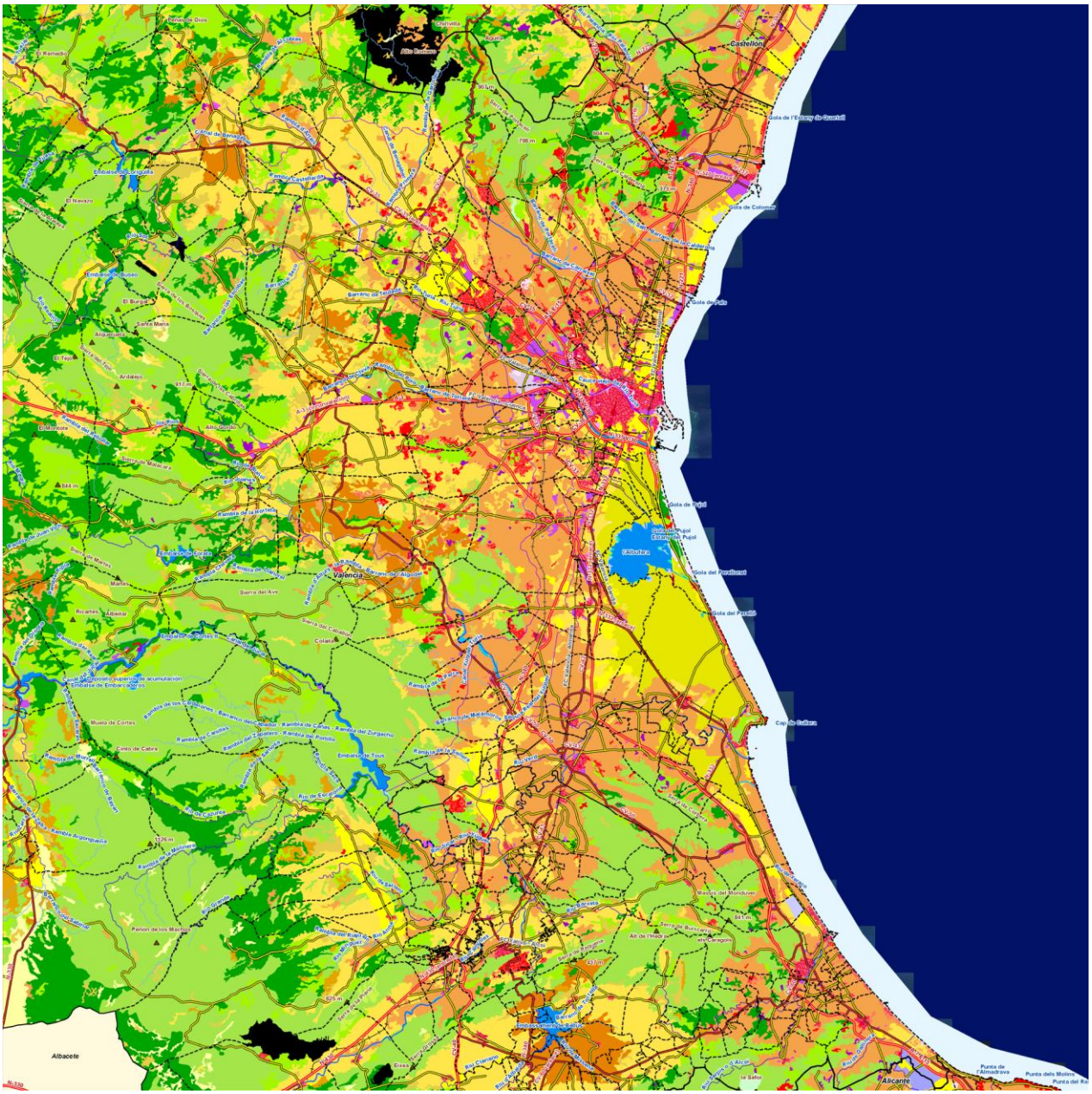


Fig. 36. Cartografía CORINE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 1990.

Fig. 37. Cartografía CORINE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 2000.

Fig. 38. Cartografía CORINE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 2006.

La imagen ofrecida por el sistema de información geográfica SIOSE nos ofrece una visión más cercana de la ocupación del territorio en el ámbito concreto del lago y su entorno inmediato.

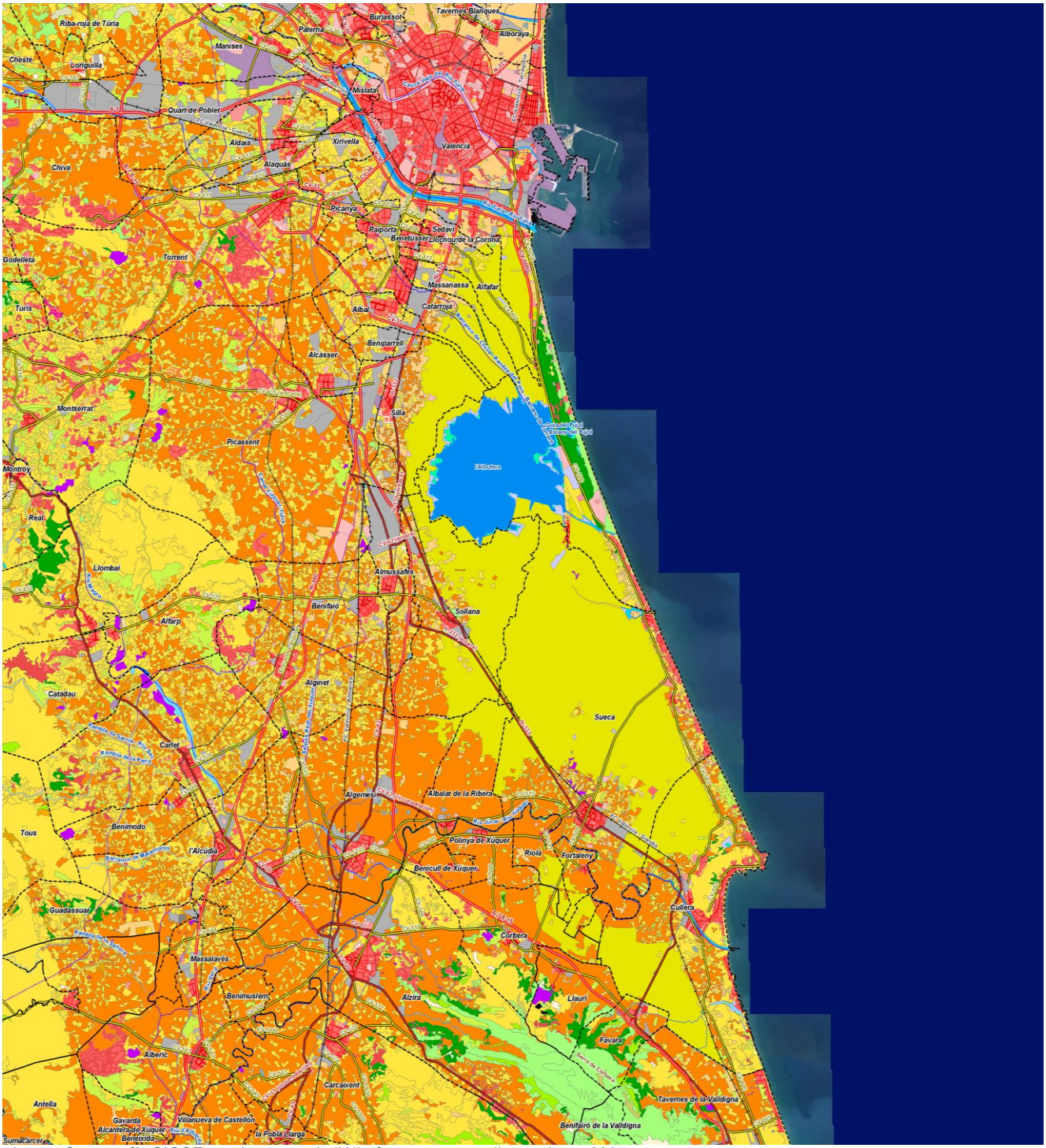


Fig. 39. Cartografía SIOSE en el entorno de l'Albufera, correspondiente al año 2005.

El estudio de la cartografía de ocupación del territorio muestra que la mayor parte del entorno del lago está dedicado a cultivos agrícolas (amarillo verdoso en el mapa) junto con cultivos hortícolas, mayoritariamente citrícolas, aunque la presencia del cultivo del Kaki pérsimon ha ido significativamente en aumento, que forman una especie de anillo alrededor del arrozal. Se aprecia asimismo la distribución de los núcleos urbanos, que forman un cinturón alrededor del humedal, más denso hacia su extremo norte, donde el área metropolitana de Valencia concentra la mayor parte de suelo urbano.

La cartografía refleja asimismo la ocupación de suelo en el frente litoral del humedal, apreciándose una densa urbanización en todo el frente excepto en su parte central, correspondiente a la zona de la Devesa del Saler.

Puede también apreciarse claramente como el humedal de l'Albufera se encuentra totalmente anillado por distintos cinturones de infraestructuras de transporte, delimitando la demarcación del espacio protegido la línea de ferrocarril de Valencia a Gandía y la carretera Nacional 332, que compartimentan el territorio con la consiguiente fragmentación de hábitats y repercusión en la fauna.

No se aprecia gran variación en la serie cartográfica histórica incluida respecto del incremento de suelo urbanizado en el entorno inmediato del humedal. La primera cartografía que disponemos corresponde al año 1990, cuando ya había entrado en vigor la legislación de protección del Parque Natural de l'Albufera, que mediante la ordenación de usos frenó el crecimiento urbanístico en el ámbito de éste. En realidad el proceso de desarrollo urbano en el ámbito considerado se produjo principalmente en las décadas de los sesenta y setenta del siglo pasado, periodo en el que el crecimiento fue explosivo, vinculado a un marcado desarrollo económico, que se produjo de forma anárquica y que conllevó un grave impacto sobre el humedal, del cual aún se siguen sufriendo las consecuencias.

No disponemos de datos sobre la actividad constructiva en el ámbito estricto de estudio, puesto que los datos disponibles no están municipalizados. La actividad constructiva ha sido intensa en el ámbito de la Comunidad Valenciana en la última década, decayendo bruscamente a partir del año 2008 a causa del estallido de la burbuja inmobiliaria, como muestra el siguiente gráfico:

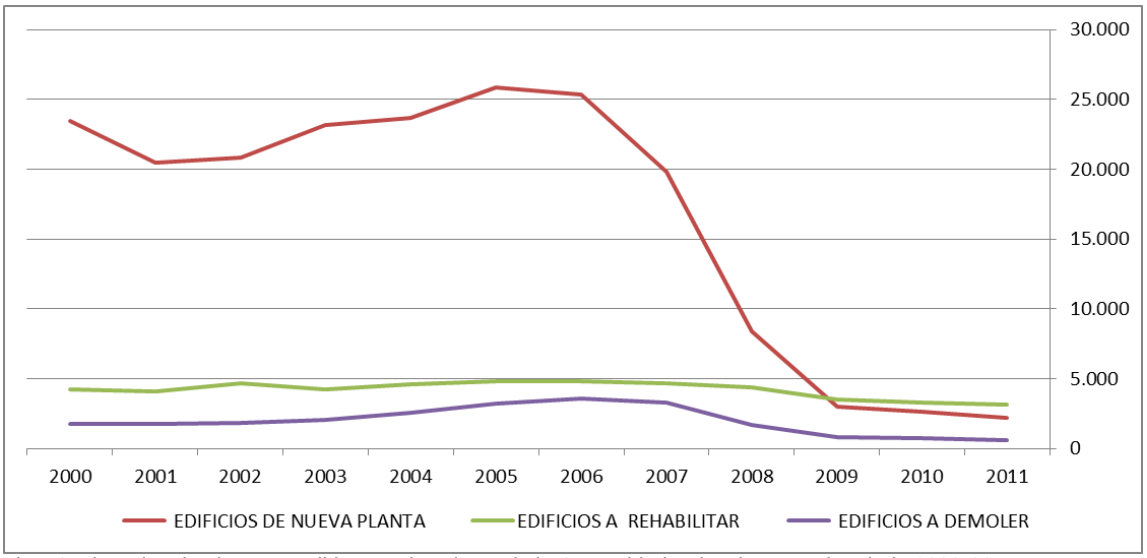


Fig. 40. Licencias de obra concedidas en el conjunto de la Comunidad Valenciana en el periodo 2000-2011. Fuente IVE.

Se observa que el máximo se alcanzó en 2006 para decrecer bruscamente a partir de ese año hasta niveles mucho más bajos que los conocidos hasta entonces.

5.4.3. Sector primario. La actividad agrícola en el sistema Albufera.

El aprovechamiento primario de los recursos naturales ha sido y es especialmente intenso en el ámbito del sistema de l'Albufera. Como hemos expuesto anteriormente al analizar la evolución histórica del humedal, tanto el cultivo agrícola como la caza y la pesca son actividades que se vienen desarrollando desde hace siglos y que, por lo tanto, forman parte de la tradición, la cultura y el paisaje de la zona.

En conjunto, los sistemas socioeconómicos tradicionales basados en dichos aprovechamientos, configuran un patrimonio etnográfico de singular importancia. Constituyen el paisaje rural tradicional tanto los elementos naturales y seminaturales del medio, bióticos y abióticos, como aquellos elementos y conjuntos de origen antrópico que, en interacción histórica con dichos elementos naturales han configurado el paisaje de la zona tal y como se conoce en la actualidad.

La estructura económica de la zona ha estado centrada hasta hace pocos años mayoritariamente en la actividad agrícola, concretamente en el cultivo del arroz. Sin embargo, el acelerado proceso de industrialización acaecido en la segunda mitad del siglo XX y la progresiva transformación del cultivo del arroz en un aprovechamiento intensivo de la huerta mediante técnicas avanzadas, ha modificado notablemente el esquema de usos que se hallaba más o menos integrado en el sistema. En los últimos años se han acelerado estos procesos de cambio en el sistema del humedal, lo que ha dado lugar a profundos cambios en el mismo.

La agricultura en el ámbito del sistema de l'Albufera constituye un factor fundamental para entender la naturaleza actual del humedal, en cuanto a que ha sido determinante en su evolución histórica. Ningún otro factor condiciona de igual modo el funcionamiento del humedal, hasta el punto de atrevernos a plantear una acepción tan presuntamente disonante como que la Albufera actual constituye en la actualidad un verdadero artefacto ecológico.

Pero no solo se debe tomar en consideración la incidencia del cultivo del arroz en el propio ámbito del humedal, también resulta determinante el desarrollo de la actividad agrícola en la cuenca vertiente de este, puesto que va a determinar la disponibilidad de recursos y la calidad de los mismos en el futuro, al ser el sistema, como se ha expuesto anteriormente, dependiente totalmente de los aportes de los dos grandes sistemas de riego: la Acequia Real del Júcar y las acequias del sistema del Turia.

Es por ello que consideramos de interés realizar un análisis profundo de las características de esta actividad, con objeto de disponer de fundamentos sólidos a la hora de configurar los escenarios de futuro para el sistema del humedal, en el que la actividad agrícola, desempeñará, como a todo lo largo de la historia reciente, un papel determinante en su configuración.

La actividad agraria en l'Albufera, en lo que al cultivo del arroz se refiere, ha evolucionado desde su consideración como mero sector económico, hacia su reconocimiento como sector estratégico, con una incidencia fundamental en relación con el equilibrio territorial y ecológico del humedal y de su entorno.

Por su parte los cultivos en el entorno de esta han estado marcados en las últimas décadas por una tendencia al monocultivo de cítricos, llegándose incluso a transformar para ello terrenos dedicados anteriormente al cultivo del arroz. En este caso el factor más destacable a tomar en cuenta es el cambio en las técnicas de riego, que ha ido abandonando el tradicional sistema de riego por inundación (a manta) sustituyéndolo por el riego localizado. Como se ha visto en el apartado de este estudio dedicado a los aspectos hidrológicos, este cambio supone por una parte una disminución de los recursos consumidos, pero por otra supone una alteración del funcionamiento del sistema al disminuir los retornos de riego y sobrantes que acaban entrando al sistema.

Se debe por tanto considerar el papel de la agricultura en la conformación y conservación del ecosistema, el paisaje y el patrimonio cultural de la Albufera actual, por ello resulta de gran interés analizar su configuración actual y sus posibilidades de evolución, hecho este fundamental para poder conformar los escenarios de futuro del funcionamiento del humedal. En todo caso, la actividad agraria ha ido tendiendo en los últimos años a desarrollar su actividad de forma integrada y compatible con la conservación del humedal.

Las condiciones a las que ha ido tendiendo el sector agrícola, con la liberalización de mercados y la nueva política agraria común ha provocado dificultades para la supervivencia de las explotaciones tradicionales del ámbito de l'Albufera, de pequeño tamaño, obsoletas y de baja rentabilidad.

La existencia de unas condiciones ambientales favorables en la zona ha implicado históricamente una intensa actividad agrícola en el Sistema del humedal de l'Albufera y su entorno. En este sentido, el entorno del lago de l'Albufera como marjal, por sus especiales condiciones de inundabilidad, ha sido un espacio especialmente atractivo para su transformación agrícola mediante el cultivo del arroz, al igual que sucedía en otras áreas similares de la Comunidad Valenciana. La explotación arrocera, pionera del expansionismo agrario, se fue extendiendo, sobre todo a partir del siglo XVIII, a costa de la paulatina reducción de la superficie del lago, mediante sucesivos aterramientos.

El paisaje agrario está dominado por la huerta y el arrozal; éste último se desarrolla en la mayor parte del ámbito del Parque, mientras que la huerta se sitúa principalmente en el sector occidental y en la franja costera correspondiente a la restinga, donde se cultivan cítricos y cultivos hortícolas tempranos sobre arena.

La existencia de agua en abundancia y un clima favorable han permitido unos índices de productividad muy elevados, lo que se traduce en la existencia de un porcentaje de tierra labrada sobre el total de superficie agraria superior al 90%.

La problemática principal con que se enfrenta el sector agrícola se puede resumir en los siguientes puntos:

- Los problemas que atraviesa el cultivo del arroz, en crisis desde los años cuarenta, han provocado la transformación de numerosas parcelas en huerta, ya que esta proporciona una rentabilidad mayor, reconversión que resulta inaceptable desde el punto de vista de la conservación de los valores naturales del Parque.

- Excesiva fragmentación de los terrenos en parcelas de reducidas dimensiones que dificulta una racionalización de los aprovechamientos, tanto para el uso de

maquinaria como para los procesos de abonado, riego, tratamientos fitosanitarios, etc.

- Tratamientos particulares que comportan un empleo excesivo y poco eficaz de abonos y pesticidas, con el consiguiente impacto en el entorno natural y en los cultivos colindantes.

A estos problemas hay que añadir la actual incertidumbre en el sector por las políticas menos proteccionistas que se perfila en el futuro debido a la reforma de la OCM del arroz, que aunque aún está discutiéndose, con toda probabilidad continuará con la tendencia seguida los últimos años por la Política Agraria Comunitaria (PAC) de liberalizar los mercados y bajar los precios, compensando sólo parcialmente esa diferencia por ayudas directas.

Características del cultivo del arroz en el ámbito de l'Albufera.

El arroz en el ámbito del sistema Albufera puede considerarse un cultivo en crisis permanente, habiendo experimentado una fuerte recesión en las últimas décadas, fundamentalmente a partir de los años 40. Las causas de esta recesión habría que buscarlas, por una parte, en la mayor rentabilidad económica de los cultivos hortícolas, especialmente los citrícolas y, por otra, en la aparición de maquinaria que facilita la labor de transformación de los terrenos, a la vez que reduce el esfuerzo necesario para los cultivos de huerta, que resulta así muy inferior al que se necesita en el arrozal.

De esta manera, se puede observar cómo en los últimos 50 años, la superficie dedicada al cultivo del arroz se ha reducido casi en un 50% en el ámbito de la Comunidad Valenciana, pasando a ocupar ésta en la actualidad una posición secundaria respecto del total nacional. Así, la producción total de arroz en la Comunidad Valenciana en el año 2007 alcanzó las 124.764 Toneladas, frente a un total nacional de 723.400 toneladas, es decir, el 17,2% del total.

La producción arrocera de la Comunidad valenciana se concentra en la provincia de Valencia, que en el año 2007 albergaba un total de 15.015 ha dedicadas a su cultivo, mientras que en la provincia de Alicante disponía de un total de 280 ha, vinculadas en su mayor parte al humedal del Marjal de Pego Oliva. En la provincia de Castellón se cultivaba una superficie también de 280 ha. Dentro de la provincia de Valencia, es en el entorno de l'Albufera donde se recoge la mayor parte de la producción.

La incorporación de España a la C.E.E. tuvo una gran incidencia en el cultivo del arroz. En primer lugar, las restricciones derivadas de la Ley de Cotos de 1945, que limitaban el cultivo del arroz por motivos económicos y de salud pública, complementada con el Decreto del 28 de noviembre de 1952 que autorizaba el cultivo en régimen de coto arrocero o de autorización temporal, quedaron totalmente derogadas.

Otra de las consecuencias del ingreso de España en la C.E.E. se refiere al tipo de arroz cultivado. Las variedades de arroz de grano "largo" son las de mayor aceptación en el mercado europeo, mientras que las de tipo "redondo" tienen mayores problemas de comercialización exterior, Sin embargo, aunque en la actualidad hay suficiente mercado interior para este tipo de arroz, se ha ido introduciendo el cultivo de las variedades "largas" en el entorno de l'Albufera. Ello no supone ningún problema desde el punto de vista

agrícola, siendo totalmente compatible con las condiciones edáficas y climatológicas existentes, así como con el mantenimiento de los valores ecológicos del Parque, pero si puede tener connotaciones culturales en lo relacionado con la cultura gastronómica de la zona. El relevo varietal es mucho más ágil en los últimos años que en los precedentes, con la aparición de nuevas variedades como Júcar, Betis, Sénia, M-9, etc. Actualmente el arroz más cultivado en la zona corresponde al Tipo II o Medios, destacando como más importante la variedad Sénia, con un rendimiento medio, en el año 1998, de 7.640 kg/ha.

La característica más destacable en cuanto al régimen de tenencia de las tierras de arrozal es la atomización de la propiedad. El 98% las explotaciones contaban una superficie inferior a 5 hectáreas y solo tres explotaciones superaban las 50 ha. Este hecho incide de forma negativa en la eficacia de la producción, con una infrautilización de la maquinaria agrícola y una baja eficiencia en la aplicación de tratamientos fitosanitarios. El número de hectáreas por cultivador es mucho menor en la Comunidad Valenciana que en el resto de España.

Entre los años 1.960-1.984 la superficie de cultivo dedicada al arrozal a nivel nacional experimentó un incremento próximo al 3,5%, mientras que en la Comunidad Valenciana se produjo una reducción de la misma de aproximadamente el 47%. Estas cifras ponen de manifiesto que el abandono del cultivo del arroz en Valencia, sustituido por cultivos de mayor rentabilidad, ha favorecido su extensión en el resto de España.

Por otra parte, el número de agricultores dedicados al cultivo del arroz ha experimentado desde 1.960 una disminución porcentual similar, siendo del 66% a nivel nacional frente a un 73,4% en la Comunidad Valenciana.

Partiendo de estas consideraciones y de que la superficie media por cultivador era en 1.960 un 38,4% superior a nivel nacional que en Valencia, se observa que la tasa media de incremento de dicha superficie ha sido bastante inferior en la Comunidad Valenciana, un 19,9% frente a un 30,5%. En la actualidad la superficie media de cultivo de los arroceros valencianos es un 60% inferior a la media nacional.

Así, en el año 1984, en la Comunidad Valenciana se encontraban el 55% del total de cultivadores nacionales con una superficie media de 1'95 hectáreas frente a las 4'86 hectáreas del cultivador nacional. Además en la Comunidad Valenciana, más de la tercera parte de las explotaciones tienen una superficie inferior a 1 hectárea, llegando las de menos de 5 ha a suponer el 88%, cuando en el año 1982 sólo suponían el 50%, es decir, las explotaciones de mayor tamaño han sido las primeras en cambiar de cultivo.

Evolución de la producción de arroz en el ámbito de l'Albufera.

En el ámbito de l'Albufera la producción de arroz en el periodo 2006-2011 se sitúa en un promedio de 121.702 Tm/año, para un promedio de superficie cultivada de 14.908 ha, según fuentes de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

A continuación incluimos una serie de representaciones gráficas de la evolución de estas variables.

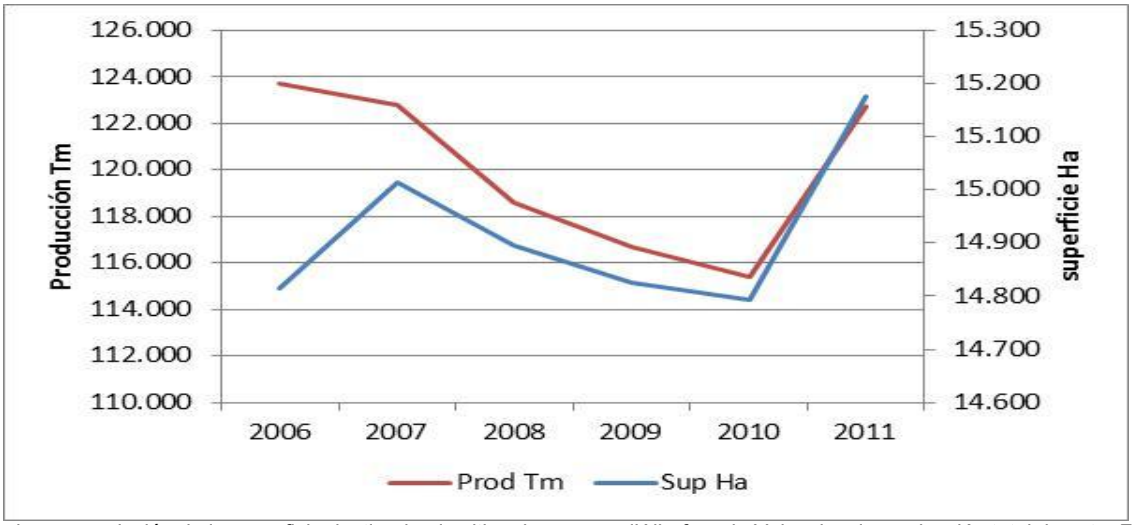


Fig. 41. Evolución de la superficie destinada al cultivo de arroz en l'Albufera de Valencia y la producción total de este. Fuente: Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Informes Anuales Agrarios 2006-2011

Los datos permiten apreciar que la superficie cultivada presenta escasa variación temporal, oscilando alrededor de 15.000 ha. La tendencia muestra que la superficie cultivada se encontraba en descenso desde 2007, alcanzando un mínimo en 2010, recuperándose bruscamente en 2011 hasta superar los valores máximos alcanzados en 2007.

La producción sí muestra una mayor variabilidad, oscilando entre las 114.000 y las 123.000 Tm, mostrando relación, como es lógico, con la superficie cultivada, aunque no presenta una correlación unívoca con este parámetro, al tenerse que considerar intervenir factores agronómicos que determinan el desarrollo de los cultivos. El gráfico siguiente muestra el rendimiento por Hectárea del cultivo, pudiéndose apreciar como existe una variabilidad anual motivada por la incidencia de las distintas variables agronómicas.

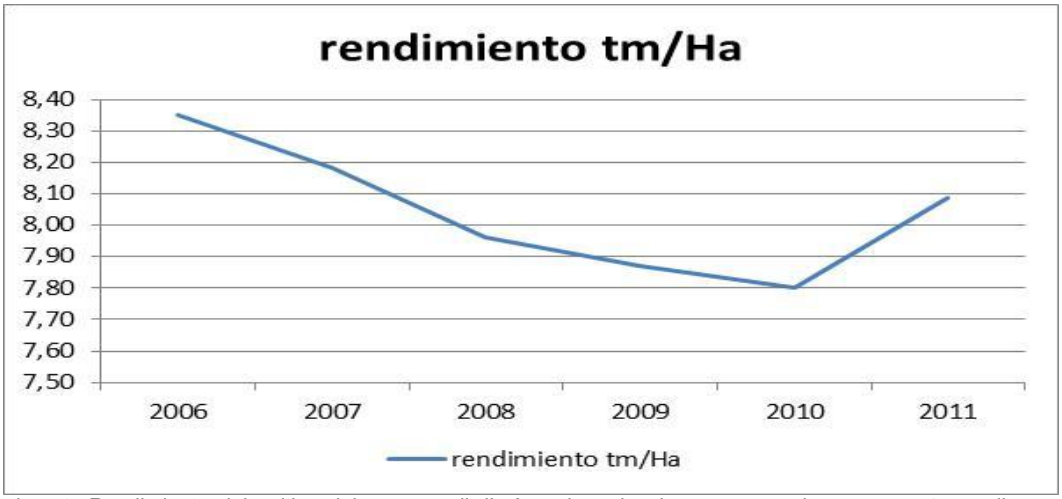


Fig. 42. Rendimiento del cultivo del arroz en l'Albufera de Valencia en Tm por ha. Fuente: Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Informes Anuales Agrarios 2006-2011

Por otra parte conviene valorar la rentabilidad económica del cultivo, ya que este es un factor determinante a la hora de determinar la viabilidad del mismo. Así observamos que los precios brutos percibidos por los productores presentan también una acusada variabilidad temporal, oscilando entre los 0,22 y los 0,37 euros por kg, situándose la media en 0,28 euros por Kg. La variabilidad del precio parece relacionarse inversamente con el volumen de producción, como por otra parte sería de esperar bajo una lógica de mercado.

Las tendencias muestran que tras alcanzar un máximo en 2008 se produjo una bajada de precios continuada hasta 2010, para recuperarse en cierta medida en 2011.

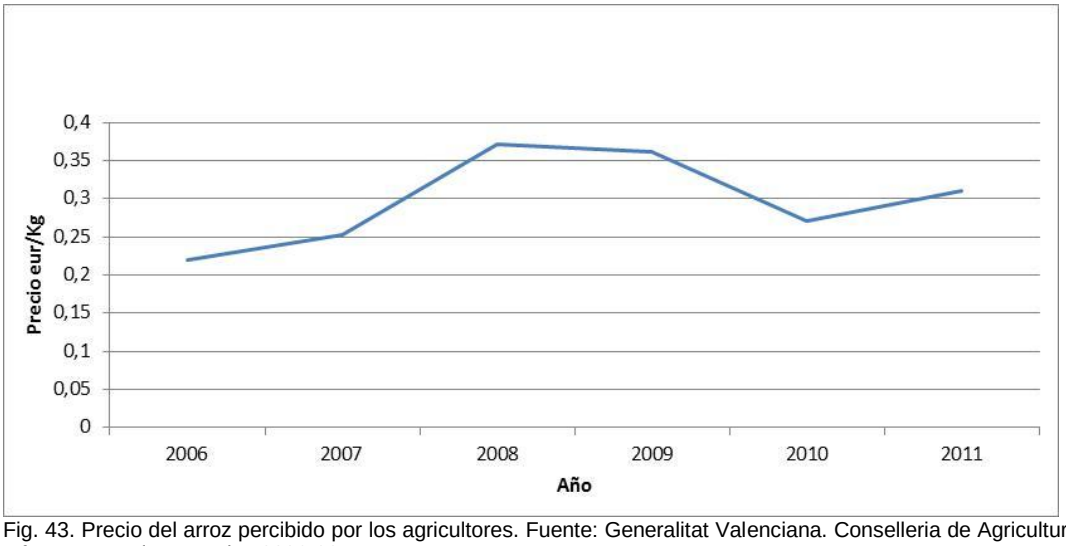


Fig. 43. Precio del arroz percibido por los agricultores. Fuente: Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Informes Anuales Agrarios 2006-2011.

Resulta de interés asimismo estimar el rendimiento económico bruto del cultivo por ha cultivada. Este valor oscila entre los 1.800 y los 3.000 euros presentando una fuerte variabilidad en función de la cosecha y los precios. La máxima rentabilidad se produjo el año 2008 presentando una tendencia a la baja hasta 2010 y recuperándose lévemente en 2011.

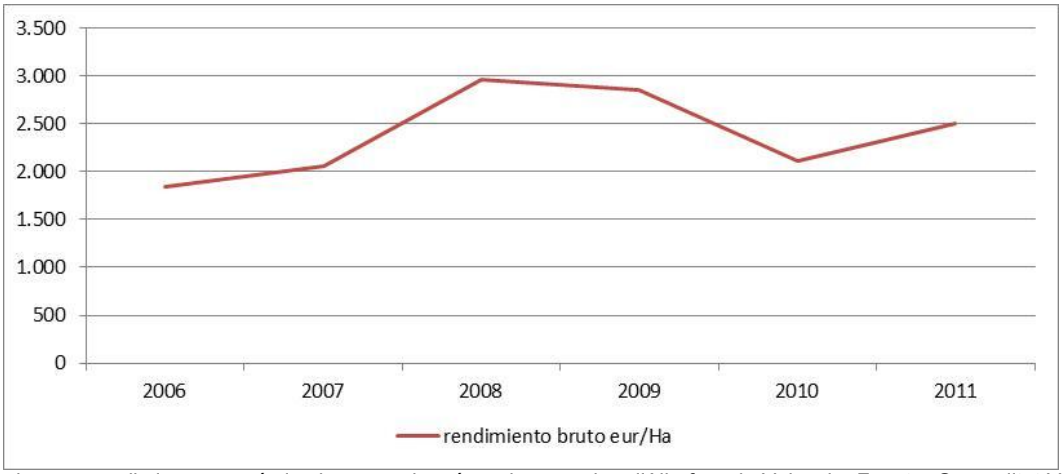


Fig. 44. Rendimiento económico bruto por hectárea de arrozal en l'Albufera de Valencia. Fuente: Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Informes Anuales Agrarios 2006-2011.

El precio de la tierra de arrozal resulta asimismo un dato de gran interés a la hora de valorar la situación y viabilidad de este cultivo en l'Albufera. Aunque no existe una correlación directa entre la viabilidad del cultivo y el precio, dado que pueden intervenir procesos especulativos externos o aspectos como el uso de los bienes raíces como refugio de capitales, el precio de las propiedades puede ser indicativo de la rentabilidad del cultivo y proporcionar información acerca de su situación económica. En el gráfico siguiente se representa la evolución de los precios de la tierra de arrozal en l'Albufera de Valencia en el lapso temporal considerado.

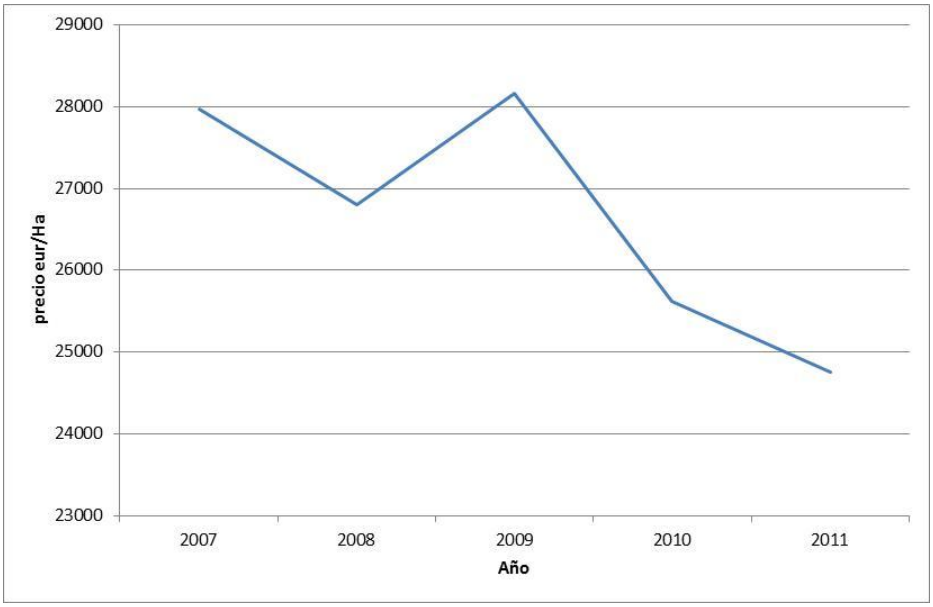


Fig. 45. Precios medios de las tierras de arrozal en l'Albufera de Valencia en eur/ha. Fuente: Generalitat Valenciana. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Informes Anuales Agrarios 2006-2011

Puede observarse que los precios de la tierra muestran una marcada tendencia descendente desde el año 2007, puesto que aunque alcanzó un máximo intermedio el año 2009, a partir de este se produce una bajada aún más acusada de precios. En un contexto de crisis económica como la vivida en el periodo considerado resulta difícil determinar qué factores han influido en este comportamiento, aunque si observamos los datos de rendimiento por hectárea veremos que estos no presentan una tendencia como la considerada para los precios de la tierra, por lo que se podría aventurar la hipótesis de que los precios se hallaban en niveles elevados como consecuencia de factores económicos no relacionados con la rentabilidad del cultivo, sino como consecuencia de actividades especulativas o como consecuencia de su uso como valor refugio, factores estos que ha desaparecido como consecuencia de la fuerte crisis económica que ha reducido los flujos de capital disponible y que incluso habrá obligado a algunos propietarios a vender sus campos como modo de obtener liquidez.

El intervalo temporal disponible para estos datos no proporciona en nuestra opinión una base suficiente para la realización de proyecciones de futuro. Nuestra opinión es que la tendencia para los próximos años es que continúe una ligera tendencia a la baja de los precios que podrían estabilizarse si remite la situación de crisis económica.

Un aspecto a considerar es el del efecto que los precios de la tierra puede tener sobre la estructura de propiedad de la misma, lo cual resulta de interés ante la posibilidad de que se produzcan adquisiciones masivas de tierras por parte de grandes grupos financieros/industriales con el fin de crear grandes fincas de cultivo que permitan una mecanización mayor de la explotación y mejor rentabilidad, en línea con lo que está ocurriendo en otras zonas de España, sobre todo en Andalucía.

Podemos por último como información adicional, calcular la rentabilidad bruta del capital inmobiliario en el caso de los arrozales de l'Albufera, aunque este, como el resto de datos de rentabilidad considerados anteriormente resulta un dato de representatividad limitada, al no considerar los costes de producción vinculados al cultivo, que como hemos descrito en

apartados anteriores hacen que el cultivo dependa directamente para su viabilidad de las subvenciones oficiales.

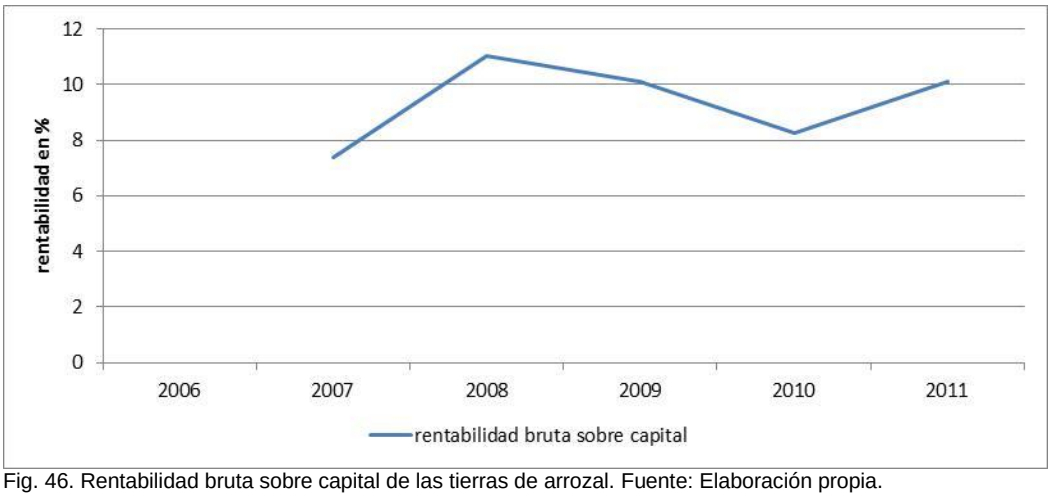


Fig. 46. Rentabilidad bruta sobre capital de las tierras de arrozal. Fuente: Elaboración propia.

Problemática del uso de fitosanitarios en el ámbito del sistema Albufera.

El aspecto de los tratamientos fitosanitarios merece una especial atención porque constituye un factor de impacto de primer orden, al introducir compuestos químicos potencialmente peligrosos para la biota del sistema. Incluso, como se ha venido demostrando en estudios recientes, constituyen elementos de disrupción hormonal que afectan significativamente a la fauna y deben ser tomados en consideración.

Es posible establecer una primera diferenciación entre los tratamientos realizados colectivamente que, generalmente, están dirigidos por la Administración, y los tratamientos desarrollados individualmente por los agricultores.

La información contenida en este documento se ha elaborado a partir de la documentación correspondiente al PORN de l'Albufera, que a su vez recoge datos proporcionados por el Servicio de Sanidad Vegetal de la Conselleria de Agricultura de la Generalitat Valenciana.

a) Tratamientos colectivos

Estas campañas se aplicaron contra las plagas del "cucat de l'arros" (*Chilo supressalis*) y, ocasionalmente, en Sollana y Alfafar contra la "rosquilla" (*Mythimna sp*), bajo la dirección de los Servicios de Protección de los Vegetales y apoyados por la Federación de Agricultores Arroceros de España, Cámaras Locales Agrarias y Cámara Provincial Agraria.

La campaña regular contra el "cucat" se inició en el año 1965. El tratamiento contra esta plaga fue siempre obligatorio, al ser calificada de utilidad pública su extinción, por R.D. del 13 de agosto de 1940. La Federación de Agricultores Arroceros tomó la iniciativa de esta campaña que, durante algunos años, fue parcialmente subvencionada por la Administración, siendo ésta quien ordenaba la realización del tratamiento, una vez recibida la propuesta de los agricultores.

Los productos utilizados inicialmente contra la plaga eran Tetraclorvinfos y Fentión en espolvoreo, pero dejaron de utilizarse hace décadas y actualmente los productos empleados son principalmente FOSFORADO PIRIDAFENTIÓN y TEBUFENOCIDA.

Fenitrotión también dejó de utilizarse aproximadamente en el año 1995. Éste producto se utilizaba para realizar tratamientos selectivos, dirigidos a zonas de mayor riesgo, en primera generación: se trataban en el primer pase más de 5.000 hectáreas periféricas alrededor de huertas y eriales (donde se detecta mayor incidencia de la plaga) y en una segunda fase toda la superficie del cultivo.

b) Tratamientos individuales

El cambio en el método de cultivo del arroz por trasplante al de siembra directa conllevó un incremento en el empleo de productos fitosanitarios, ya que se trasladó la problemática de los semilleros a toda la superficie cultivada. Este hecho, unido al minifundismo existente en la zona, repercutió en un aumento de los tratamientos individuales, en ocasiones incontrolables, que supusieron la incorporación de mayores cantidades de sustancias peligrosas al sistema natural.

En cuanto a los productos utilizados, corresponderían a los siguientes grandes grupos: Insecticidas, alguicidas, herbicidas, fungicidas y productos para la desinfección de semillas.

La Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación dictó en su momento instrucciones y limitaciones legales para la ordenación del cultivo del arroz, destacando las siguientes:

- Orden de 30 de mayo de 1988 (D.O.G.V. nº 847), prohíbe las aplicaciones de plaguicidas fitosanitarios categoría toxicológica C para la fauna terrestre y/o acuícola en la zona declarada del Parque Natural de l'Albufera, así como para el resto de la zona arrocera de la Comunidad Valenciana.

- No están autorizadas las aplicaciones de herbicidas por medios aéreos.

- Es obligatoria la posesión del carnet de manipulador de plaguicidas fitosanitarios.

- Los derivados del MCPA se aplicarán a una distancia de 400 metros de cultivos sensibles (hortalizas, frutales...), según Orden de 5 de mayo de 1983 (DOGV nº105).

- Se prohíbe que en las aplicaciones contra algas se utilicen derivados de sales de estaño y mancozeb (autorizado solo en desinfección de semillas para siembra).

- Por Orden de 28 de abril de 1992 (DOGV nº1784), queda prohibida en la zona de arrozal de la Comunidad Valenciana la utilización de herbicidas en cuya composición esté incluida la materia activa quinclorac (Facet).

En el cuadro que se incluye a continuación se detallan las materias activas recomendadas actualmente para el cultivo del arroz, su nombre comercial y las plagas sobre las que actúa:

INSECTICIDAS

MATERIA ACTIVA	NOMBRE COMERCIAL	ACTUA SOBRE
Carbaril	Producto común	Orugas defoliadoras y Cucat
Malation	Producto común	Orugas defoliadoras y Cucat
Fenitrotion	Producto común	Orugas defoliadoras y Cucat
Piridafention	Ofunack	Cucat
Temefos	Abate	Quirinómidos (gusanos de t.)
Bacillus thuringiensis (var. l.)	Producto común	Gusano rojo
Tebufenocida	Confirm	Cucat

ALGUICIDAS

MATERIA ACTIVA	NOMBRE COMERCIAL	ACTUA SOBRE
Sulfato de cobre	Sulfato de cobre	Llapó y otras algas

HERBICIDAS

MATERIA ACTIVA	NOMBRE COMERCIAL	ACTUA SOBRE
Azimsulfuron	Gulliver	Estadíos jóvenes de Serreig,y Ciperáceas
Bensulfuron	Londax	Chufa, punxo, tiña, borro, otras hoja ancha
Bentazon	Basagran L	Chufa, punxo, tiña, borro, otras hoja ancha
Bentazon + MCPA	Basagran M	Chufa, punxo, tiña, borro, otras hoja ancha
Cinosulfuron	Setoff	Chufa, punxo, tiña, borro, otras hoja ancha y Lleng. d´oca
Cicloxidim	Focus Ultra	Arroz silvestre "rebordonit"
Cletodim	Select	Arroz silvestre
Dimepiperato	Yucamate	Serreig y algo contra tiña
Endotal	Hydrotol	Llengua d' oca
Fenotiol + propanil	Producto común	Chufa, punxo, tiña, borro, otras hoja ancha
Menefacet + molinato	Rancho M.T.	Serreig y algo contr Asprella y Pa de Granota
Molinato	Producto común	Serreig y bova
Molinato + besulfuron	Unico - G.R.	Serreig, algabegueta, coleta y punxo
Molinato + tiobencarb	Saturn - S	Serreig y Punxo
Piridato	Lentagran	Punxo y otras de hoja ancha
Propanil	Producto común	Serreig y otras de hoja ancha
Propanil + MCPA	Producto común	Serreig y otras de hoja ancha
Tiobencarb	Saturn	Serreig y Punxo
Tiocarbacil	Drepamon	Serreig y otras gramíneas
Azimsulfuron	Gulliver	Estadíos jóvenes de Serreig,y Ciperáceas

FUNGICIDAS

MATERIA ACTIVA	NOMBRE COMERCIAL	ACTUA SOBRE
Tricicazol	Bim	Piricularia
Tebucozanol	Folicur	Piricularia y Helmintosporium
Piroquiron	Fongore	Piricularia
Isoprotiolano	Fuji-One	Piricularia
Proclolraz	Octagón-E	Piricularia y Helmintosporium
Carbendazima + flusilazol	Punch CS	Piricularia y Helmintosporium
Procloraz	Sporgon	Piricularia y Helmintosporium
Triflumizol	Trifmine	Piricularia y Helmintosporium

c) Lucha biológica.

El Servicio de Sanidad Vegetal de la Consellería de Agricultura desarrolló también un programa de lucha biológica contra el Cucat (*Chilo suppressalis*), consistente en el tratamiento con feromonas (confusión sexual). En 1999 se trataron cerca de 7.000 hectáreas de arroz por este método.

Rendimiento económico del cultivo del arroz.

Si consideramos que la existencia del arrozal es fundamental para el mantenimiento de la calidad ecológica y paisajística del sistema Albufera en su configuración actual, este cultivo debería proporcionar un índice de rentabilidad óptimo como principal garantía para su supervivencia. En consecuencia, se debería incentivar su cultivo y facilitar su producción y comercialización, con la premisa ineludible de garantizar su compatibilidad con la protección medioambiental y, al mismo tiempo, reducir su dependencia de las subvenciones.

Se ha estimado así conveniente, incluir en este documento una estimación de los rendimientos del cultivo. Los datos ponen de manifiesto que el cultivo del arroz subsistía gracias a las subvenciones (si no se consideran éstas, el beneficio obtenido es negativo, tal y como aparece reflejado en el cuadro "rendimiento neto del cultivo del arroz"). Estos datos se han obtenido de la memoria del PORN del Parque de l'Albufera y corresponderían al año 2000 y corresponden a la estimación de la rentabilidad de una hectárea de arroz. Ingresos en Pesetas/hectárea.

Producción media estimada (kg/ha)	**Precio en campaña (pta)**	**TOTAL (ptas.)**
7.200	45	324.000
Subvenciones Agroambientales (pta)s	**Ayuda compensatoria de la renta por superficie (ptas)**	**TOTAL (ptas)**
66.000	46.720	112.720
Umbral de rentabilidad (pta/kg) = Gastos/Producción	53,70	
Beneficio = Ingresos - Gastos	-62. 640,44 ptas	
Rendimiento Neto = Beneficio + Subvención	50.079,56 ptas	

Tabla 11. Balance económico del cultivo del arroz en el año 2000. Fuente: Asociación Valenciana de Agricultores

El precio indicado es el percibido tras la siega, sin almacenamiento. Se indica que el 90% de los agricultores realizan la venta en este momento.

Los datos expuestos muestran que el cultivo del arroz en el ámbito de l'Albufera arrojaba un rendimiento negativo cercano a las 63.000 pts (380 eur) por ha, sin considerar las subvenciones. Considerando estas el rendimiento positivo era de alrededor de 50.000 ptas/ha (300 eur/ha), que aunque es significativa, no puede considerarse una rentabilidad excesiva.

Encontramos pues que se trata de un cultivo deficitario en esencia, que depende de las subvenciones oficiales para su mantenimiento y aun así ofrece bajas rentabilidades, por lo que su estabilidad de cara al futuro podríamos considerarla bastante precaria, condicionando así el mantenimiento del sistema de l'Albufera en su configuración actual.

Producción integrada del arroz.

Ante la necesidad de compatibilizar los criterios agrícolas con los ambientales, surgió el concepto de "producción integrada" para el cultivo del arroz. Éste es una de las alternativas para asegurar la supervivencia del cultivo y la competitividad en el mercado.

Los objetivos de la producción integrada son básicamente tres: obtener productos de calidad; ofrecer una garantía sanitaria a costes razonables y la conservación del medio ambiente. Las estrategias a seguir, por parte del agricultor, para obtener el certificado de Producción Integrada, se fundamentarían en las buenas prácticas agrarias.

Los beneficios de adoptar la producción integrada serían sin duda importantes tanto para el sector agrícola como para la conservación del humedal, y permitiría situar el arroz de la Albufera en una mejor situación de competencia en los mercados.

Denominación de origen Arroz de Valencia.

El Consejo Regulador de la DO Arroz de Valencia se constituyó en 1997 y empezó la comercialización en la primavera de 1998, por lo que se trata, en realidad, de un proyecto nuevo que empieza a desarrollarse y cuyo objetivo es apoyar las marcas inscritas para diferenciar el arroz frente a las importaciones precedentes de terceros países.

El arroz amparado por la DO pertenece a las variedades Sénia, Bahía y Bomba. Todas ellas son cultivadas tradicionalmente en la zona y fueron obtenidas por la antigua Granja Arrocera, hoy Departamento del Arroz del Instituto Valenciano de Investigación Agrícola (IVIA). La zona de producción incluye el Parque Natural de l'Albufera de Valencia y otros humedales de alto valor ecológico.

En la campaña de 1998-99 existían en el registro de parcelas aproximadamente el 10% de la superficie total amparable.

En cuanto a industrias manipuladoras de arroz existían 13 empresas con el correspondiente registro de la DO y se comercializan, por el momento, seis marcas con la etiqueta identificativa de la DO, todas ellas de calidad extra.

Diagnóstico de la actividad agrícola.

El documento del PORN del Parque Natural de L'Albufera contenía un diagnóstico de la actividad agrícola en el ámbito de éste, que citamos aquí por su interés de cara a la construcción de escenarios de futuro en la evolución de esta actividad.

CAPACIDADES

- Existencia de agua en abundancia y clima favorable para una productividad agrícola elevada.

- Existencia de subvenciones a la superficie cultivada (OCM) y otras destinadas a fomentar métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de protección del Parque (Agroambientales). Elevado porcentaje de agricultores acogidos.

- Paralización del proceso de transformación de arrozal en huerta los últimos años, o al menos compensación entre lo que se transforma de arroz a huerta y viceversa.

- Existencia de cooperativas, sindicatos de riegos, comunidades de regantes, y otras agrupaciones para la organización de los agricultores.

- Buena disposición entre los agricultores de la zona para disminuir la agresividad de los insecticidas e incluso para sustituir los tratamientos químicos por biológicos.

- Gran tradición y sentimiento arraigado por el cultivo del arroz y su paisaje en la zona.

- Implantación de servicios técnicos en las cooperativas con que asesoran a los agricultores sobre los tratamientos fitosanitarios a aplicar.

- Sensibilización y concienciación crecientes por parte de la sociedad en general y de los poderes públicos hacia el medio ambiente.

LIMITACIONES

- Incertidumbre sobre el futuro del cultivo del arroz en cuanto a su rentabilidad y viabilidad económica.

- Mala calidad de las aguas para el riego en general, debido a la contaminación industrial y urbana.

- Dependencia de las ayudas y subvenciones.

- El cangrejo americano, especie exótica que a pesar de los graves daños que causa al cultivo del arroz no se encontraba declarado como plaga.

- Inexistencia de un Plan Estratégico que evalúe las necesidades de infraestructuras agrícolas (almacenes, secaderos, etc.), dentro del P.N. así como el estado y

conservación de las mismas, especialmente en lo que se refiere a caminos y acequias de riego.

- Caminos rurales necesitados de mejora y acondicionamiento del firme para el paso de la nueva maquinaria agrícola.

- Acequias en mal estado de conservación. Escasez de ayudas por parte de la Administración para su mantenimiento.

- Gran minifundismo, lo que dificulta la racionalización de los aprovechamientos.

- Dificultad en la zona, por falta de tradición y aceptación entre los agricultores, para llevar a cabo un programa de concentración parcelaria.

- Falta de renovación generacional en el sector agrícola del entorno de la Albufera.

- Empleo actual de abonos y pesticidas que repercuten negativamente en el entorno natural de la Albufera y dificultan el fomento de la marca de calidad del arroz.

- Elevado coste del tratamiento biológico frente al coste del insecticida.

- Difícil aprovechamiento económico de la paja del arroz.

- Incumplimiento de la normativa vigente sobre algunas aplicaciones fitosanitarias en arroz y huerta.

POTENCIALIDADES.

- Reestructuración del sector arrocero mediante la agrupación de parcelas para su gestión común.

- Desarrollo y Promoción del "Cultivo Integrado del arroz".

- Desarrollo del tratamiento con feromonas y otros sistemas alternativos de control de plagas que no utilicen productos químicos tóxicos

- Refuerzo de la salida comercial de la marca con Denominación de Origen "Arroz de Valencia".

- Mayor implicación de los agricultores en las decisiones del Parque (representatividad de los agricultores en las Juntas Directivas).

- Incentivos más enérgicos del cultivo del arroz en la Albufera a fin de garantizar su perdurabilidad.

- Promoción, entre los agricultores del Parque, de una agricultura que aplique técnicas más respetuosas con el medio ambiente.

RIESGOS

- Abandono del cultivo del arroz a causa de la pérdida de rentabilidad.

- Aceleración en la pérdida de los valores naturales del Parque y su biodiversidad si aumenta la extensión de la huerta a costa del arrozal.

- Pérdida de valores naturales del Parque por el empleo de productos fitosanitarios no autorizados.

El régimen de ayudas al cultivo del arroz.

El régimen de ayudas al cultivo del arroz en el ámbito del sistema Albufera resulta de interés fundamental a la hora de configurar el régimen de la actividad agrícola.

Este régimen de ayudas se encuentra vinculado estrechamente a la Política Agrícola Común (PAC) de la Unión Europea. Los objetivos iniciales de la PAC fueron asegurar una oferta estable de alimentos sanos y asequibles a la población, proporcionar un nivel de vida razonable a los agricultores y garantizar un desarrollo colectivo y solidario que permita asegurar el mantenimiento de la agricultura en todas las regiones europeas.

Esta normativa ha pasado por diversas vicisitudes a lo largo de su tiempo de vigencia, evolucionando en las modalidades de ayuda y forma de aplicación, siendo determinante en la configuración de las estructuras agrarias actuales en Europa y por tanto también es un factor determinante de la configuración de la actividad agrícola en el sistema de l'Albufera

El cultivo de arroz en l'Albufera ha dispuesto en las últimas décadas de un régimen de ayudas económicas cuyo fundamento han sido los distintos programas de la PAC.

El régimen inicial dimanaba del Reglamento (CEE) 3.072/1995, del Consejo de 22 de diciembre, por el que se establece la organización común de mercado (OCM) del arroz, y disponía la concesión de un pago compensatorio a los productores de arroz comunitarios. Para establecer la normativa básica estatal aplicable a los regímenes comunitarios de ayuda regulados por éste, y otros, Reglamento CEE, se dictó el R.D. 1893/1999, de 10 de diciembre. El control de estas ayudas por las autoridades competentes así como las penalizaciones que se aplican en caso de incumplimiento se regían por el Reglamento (CEE) 3.508/1999 mencionado. Con objeto de facilitar a los agricultores valencianos el acceso a las ayudas, la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la C.V. dictó la ORDEN de 22 de diciembre de 1999, por la que se regula el procedimiento para la solicitud, tramitación y concesión de tales ayudas para la campaña de comercialización 2000/2001. En el año 2.000 el porcentaje de agricultores del Parque Natural de l'Albufera acogidos a las ayudas a la superficie era de un 99% del total.

Este régimen de ayudas se completaba con un régimen de carácter agroambiental y, como tal, reviste mayor interés. El Reglamento (CEE) 2.078/92, estableció un régimen de ayudas destinadas a fomentar métodos de producción agraria compatibles con la protección del medio ambiente y la protección de los espacios naturales, y por Decisiones posteriores de la Comisión de la Unión Europea se aprobó el programa para la aplicación de este régimen de ayudas en España; que fueron desarrollados por distintos reales decretos, entre ellos el 928/95, de 9 de junio. Este real decreto estableció un régimen de medidas para fomentar el

empleo de métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural en los humedales españoles incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional especialmente Hábitats de aves acuáticas (Convenio Ramsar), y en las Zonas de Especial Protección para la Aves (ZEPA), entre ellos el Parque Natural de l'Albufera de Valencia.

Mediante órdenes anuales de la Consellería de Agricultura y Medio Ambiente y de Agricultura, Pesca y Alimentación se convocaron estas ayudas para los ejercicios 95, 96, 97, 98, 99 y 2000 con el objetivo principal de subvencionar determinadas prácticas que faciliten la conservación del espacio natural de la Albufera, favoreciendo las actividades que han permitido su preservación.

En estas órdenes se determinaba que:

Los beneficiarios: titulares de explotaciones agrícolas situados en el P.N. de la Albufera, como zona Ramsar, que se comprometían a la protección de la flora y fauna racionalizando el empleo de fertilizantes y productos fitosanitarios y el mantenimiento de cultivos tradicionales del arroz. Para acogerse debían asumir uno o varios de los siguientes compromisos por un periodo de 5 años:

- Realizar un control mecánico de malas hierbas, en especial con la técnica de enfangado a través de inundaciones prematuras según el calendario adecuado.

- Mantener el cultivo del arroz en zonas colindantes a lagunas o sustitución de otros cultivos por el arroz.

- Mantener y conservar los elementos de retención de agua, como pequeños diques y compuertas, con el fin de mantener el nivel freático de las aguas para la inundación de la superficie de arrozal durante los meses de noviembre a marzo.

Las primas máximas que se concedían en Pesetas por hectárea eran las siguientes:

Compromiso 1	25.000 pta.
Compromiso 2	20.000 pta.
Compromiso 3	10.000 pta.

La cuantía de la ayuda era como máximo, si se adquirían los 3 compromisos, de 55.000 pta/ha, incrementada en un 20% cuando el titular ejercía la actividad como agricultor a título principal o profesional de acuerdo con la definición de la Ley 19/1995, de 4 de junio, de Modernización de Explotaciones Agrarias.

En el año 2000 se estimaba el porcentaje de agricultores del Parque acogidos a las ayudas agroambientales en un 90% del total.

La situación actual de la PAC deriva de la reforma efectuada en 2003, que derivan de lo dispuesto en el Reglamento CE 1782/2003, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayudas directas, que introduce o perfecciona, según casos, los siguientes conceptos:

a) Sistema integrado de gestión y control. Solicitud Única y SIGPAC.

b) Régimen de pago único (desacoplamiento).

c) Condicionalidad.

d) Modulación y pago adicional.

e) Servicio de asesoramiento a explotaciones agrarias.

En cuanto a los pagos directos se consideran los importes unitarios y el peso relativo del sector del arroz, encontrándose que en general y salvo situaciones muy particulares de pagos adicionales de los Estados miembros (p.e. en frutos cáscara), los pagos directos se financian con cargo al fondo comunitario FEAGA. El sector arrocero puede beneficiarse de los siguientes pagos (datos de la campaña 2008/09):

- Ayuda específica al arroz: 476,25 euros por hectárea.

- Régimen de pago único. El importe desacoplado en 2006 de las ayudas específicas del arroz fue de 647,70 euros por hectárea.

- Ayuda específica por producción de semillas: grano corto: 14,85 euros/Kg; grano largo: 17,25 euros/Kg.

El R(CE) 1698/2005 del Consejo, de 20-9-2005, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), establece que los Estados miembros deben elaborar Programas de Desarrollo
Rural basados en tres ejes temáticos y un eje metodológico:

a) Eje 1: Aumento de la competitividad agrícola y forestal.

b) Eje 2: Mejora del medio ambiente y del entorno rural.

Detalle de medidas previstas:

- Ayudas Agroambientales.

- Indemnizaciones compensatorias en zonas de montaña y otras zonas con dificultades.

- Ayudas relativas al bienestar animal.

- Ayudas “Natura 2000”.

- Ayudas para inversiones forestales (forestación de tierras agrarias, implantación de sistemas forestales,…)

c) Eje 3: Calidad de vida en zonas Rurales y diversificación.

d) Eje 4: Enfoque Leader.

Se indica que los recursos del Eje 2 deben utilizarse en tres objetivos prioritarios: frenar el declive de la biodiversidad, preservar el valor medioambiental, y otros objetivos relacionados con los recursos hídricos y el cambio climático.

En el caso del Programa de Desarrollo Rural. PDR 2007-13 de la Comunitat Valenciana, las ayudas Agroambientales son las previstas dentro del documento de programación PDR 2007-13 (tras la finalización del PDR 2000-06). Como ayudas Agroambientales presentan varios aspectos singulares:

a) Se gestionan a través de compromisos plurianuales que suscribe el solicitante de las ayudas frente a la Administración.

b) Los compromisos del solicitante deben ser más exigentes de lo preceptuado como obligaciones de carácter básico dentro de la actividad agraria.

c) El importe de la ayuda viene determinado en el documento PDR 2007-13 como una prima indemnizatoria por los mayores costes que suponen los compromisos aceptados y por el lucro cesante de los propios compromisos.

Todos los pagos del PDR 2007-13 se cofinancian con aportaciones del fondo comunitario FEADER, las aportaciones de la Administración General del Estado y las aportaciones de la Generalitat Valenciana.

Las Primas Agroambientales establecidas en el PDR 2007-13 tenían una asignación inicial de 118,74 millones de euros para todo el periodo 2007-13 (ambos inclusive), destacando la submedida del “Cultivo sostenible de arroz en humedales” con cerca de 42 millones en el mismo periodo.

El detalle de submedidas y las actuaciones concretas para el arrozal era:

- Submedida. Agricultura Ecológica: los agricultores que se comprometan a cultivar arroz conforme a las técnicas de la producción ecológica pueden optar a un pago de 600,00 euros por hectárea.

- Submedida. Cultivo sostenible de arroz en humedales: los agricultores deben asumir los compromisos previstos en el PDR 2007-13, pudiendo optar a una prima de 468,44 euros por hectárea, si cumplen con:

1. Llevar un libro de explotación.

2. Triturar la paja de arroz e incorporación al suelo o bien retirarla del terreno.

3. Mantenimiento y conservación de los elementos de retención de agua.

4. Adicionalmente, una de las siguientes opciones:

- Mantener inundada la superficie de cultivo al menos durante 3,5 meses adicionales al cultivo y control de malas hierbas cuando no esté realizándose el cultivo mediante la técnica del enfangado.

- Mantener el rastrojo y la paja del arroz al menos hasta el 1 de febrero y control de malas hierbas cuando no esté realizándose el cultivo mediante fresadora.

Es necesario remarcar que la ayuda de pago único y la ayuda específica para productores de arroz las perciben los arroceros indistintamente de que se encuentren dentro de un parque natural o no, y más o menos hacen que el arroz continúe siendo sostenible desde el punto de vista económico dentro de la Unión Europea. Son necesarias para mantener el umbral de rentabilidad y sin ellas el arroz no sería rentable. Su eliminación podría provocar la desaparición del cultivo del arroz, no sólo en l'Albufera, sino en toda la Unión Europea.

Sin embargo es una reivindicación tradicional de los agricultores arroceros que las ayudas que van ligadas al mantenimiento de valores medioambientales (flora, fauna, recursos hídricos, etc.) no están compensando a los agricultores.

Según estos la actual ayuda agroambiental del arroz no compensa en absoluto las pérdidas de renta que ocasiona al agricultor llevar a cabo determinadas prácticas agroambientales, ya que, según ellos, las ayudas para paliar los daños provocados por la avifauna protegida no están indemnizando ni el 20% de las pérdidas reales ocasionadas por estas especies.

La nueva PAC 2015-2020.

En el momento de finalizar la redacción de esta tesis doctoral se está produciendo la entrada en vigor de la nueva PAC para el periodo 2015-2020, que introduce novedades significativas respecto a su formato anterior. Aunque no es posible sintetizar aquí todos los detalles relacionados con la misma, sí cabe resaltar varios aspectos de interés que afectan directamente al desarrollo de la actividad agraria en el entorno del humedal de l'Albufera.

Así como aspecto remarcable indicar que el actual pago único por explotación desaparecerá y será sustituido por un pago básico por hectárea. Los Estados miembros deberán destinar a financiar este pago el 70% de "sobre nacional" que les corresponda (a España en torno a 5.000 millones de euros anuales). La cuantía destinada al pago básico por hectárea se reducirá si el Estado miembro decide destinar parte de su "sobre nacional" a presupuestos de programas de aplicación voluntaria como: el régimen de pequeños productores o el de ayudas acopladas.

Por otra parte los Estados podrán dedicar a los pequeños agricultores (los que cobran un máximo de 1.250 euros/anuales) hasta un 10% de su "sobre nacional" para pagos directos. Estos pequeños agricultores cobrarán un pago fijo anual entre 500 y 1.250 euros, y no estarán sujetos al proceso de la convergencia interna. Cada país podrá elegir entre distintos métodos para calcular este pago anual.

Estos pequeños agricultores no estarán sujetos al cumplimiento de las exigencias medioambientales del "greening". Este aspecto es importante, dado que la estructura de la propiedad del arrozal se halla bastante atomizada y abundan las pequeñas propiedades.

Sin embargo cabe matizar en qué consisten las exigencias medioambientales o "greening" que constituye para nosotros la gran novedad de este nuevo formato de la PAC.

Este aspecto de la PAC establece que los agricultores recibirán un 30% de sus pagos con la obligación de cumplir una serie de prácticas beneficiosas para el clima y el medio ambiente. Al “greening” los Estados deberán destinar obligatoriamente el 30% del “sobre nacional”, que podrá distribuirse de manera uniforme por hectárea o como porcentaje del pago directo por cada agricultor.

Las exigencias del “greening” para los agricultores son las siguientes:

1.- Diversificación de cultivos: las explotaciones de más de 10 ha deberán cultivarse al menos 2 cultivos; y 3 cultivos como mínimo las que superen las 30 ha. El cultivo principal no puede cubrir más del 75% de la explotación y los 2 cultivos principales no podrán superar el 95% de la misma.

2.- Mantenimiento de pastos permanentes: Los agricultores deberán mantener las superficies de pastos permanentes en el mismo nivel que en el 2.012. Se podrá roturar un máximo del 5% de los pastos permanentes. Si el ratio entre pastos permanentes y superficie agraria disminuye en más de un 7% en un año, a nivel nacional o regional, el Estado obligará a los agricultores que roturaron tierras sin autorización a reconvertirlos en pastos permanentes. En España este cálculo se realizará a nivel nacional.

3.-Zonas de interés ecológico: Las explotaciones de más de 15 ha (sin computar los pastos permanentes) deberán mantener al menos un 5% de su superficie cultivable como zona de interés ecológico. A partir del 2.017 dicho 5% se podrá incrementar al 7%, previo informe de la Comisión. Los pastos permanentes y todos los cultivos permanentes quedarán excluidos de las áreas de interés ecológico.

• Áreas de interés ecológico: Barbechos, terrazas, elementos paisajísticos, franjas de protección, tierras forestadas, cultivos fijadores de nitrógeno como el alfalfa o las proteaginosas…etc.

• Agricultura ecológica: Las explotaciones certificadas como agricultura ecológica se consideran “verdes” y no estarán sometidas al “greening”.

• Cultivos permanentes: Los cultivos permanentes (olivar, viñedo, frutales, frutos secos etc.) se califican como “verdes” y no se les exigirá las condiciones “greening”.

• Arroz*: Los cultivos bajo el agua cumplirán el requisito “greening”.*

• Sanciones: El “greening” será una medida obligatoria y las sanciones por incumplimientos podrán superar el 30% del pago directo. Tras un periodo transitorio de 2 años, para que los agricultores se familiaricen, se pondrá en marcha un sistema progresivo de sanciones: en 2.018 las sanciones podrán alcanzar el 120% del pago “greening” y en el 2.019 el 125%, en caso de reincidencia.

Cabe concluir a este respecto a nuestro parecer, que las explotaciones arroceras en el ámbito de l’Albufera con más de 15 hectáreas de extensión deberían mantener un 5% de superficie como zona de interés ecológico. Esto introduce un factor relevante en la actividad, aunque en este momento no disponemos de información suficiente para su análisis y valoración.

Tendencias de los mercados del arroz y perspectivas futuras de evolución.

Abordamos aquí un breve análisis de las tendencias evolutivas del cultivo del arroz a nivel nacional e internacional, tanto en cuanto la producción como el comercio (Langreo Navarro, A.; 2007).

Las previsiones de evolución de los mercados de este cereal que hemos podido encontrar abarcan periodos de tiempo mucho más limitados que el que nosotros manejamos en este estudio. Así consideran periodos de 5 años, dado que las variables implicadas en la definición de esta actividad son muchas, considerando desde factores económicos a los climatológicos y políticos.

No obstante, consideramos de interés incluir tales previsiones con miras a configurar un contexto respecto de esta materia.

Conviene en primer término trazar un panorama de la situación mundial del mercado del arroz.

La producción mundial de arroz en 2006 superó los 635 millones de toneladas (1). Los grandes productores mundiales de arroz son: China, con más de 180 millones de toneladas; India, que supera los 130 millones; Indonesia, con 54 millones; Vietnam, con 37, y Tailandia con más de 30. La producción de la UE apenas supera los 2,6 millones de toneladas en el mismo año.

El consumo mundial supera los 540 millones de toneladas (2005), el mayor consumo se localiza en Asia (89%); dentro de ésta, los mayores consumidores son China, con casi el 28% del consumo mundial; India, con el 25%, e Indonesia, con el 8%. El consumo de la Unión Europea es de 3,96 millones de toneladas. En el año 2005, el volumen de las exportaciones mundiales ascendió a poco más de 2 millones de toneladas, muy inferior a las importaciones, que sumaron más de 44 millones de toneladas. Ese año los principales exportadores fueron Estados Unidos y, a distancia, Tailandia, muy por debajo se puede citar a India, Francia, Italia, Pakistán, Paraguay y Uruguay. Las importaciones, mucho más altas, estuvieron más repartidas, los mayores volúmenes corresponden a Japón, Arabia Saudita, Nigeria, Irán, China, etc.; destaca el alto volumen de importación de varios países africanos y americanos, entre ellos algunos de los más pobres. La Unión Europea es importadora neta y uno de los principales receptores

Respecto a la superficie dedicada al cultivo del arroz, esta se ha ido incrementando paulatinamente. En el siguiente gráfico se representa la evolución de la superficie en hectáreas dedicada a este cultivo tanto a nivel mundial como por continentes.

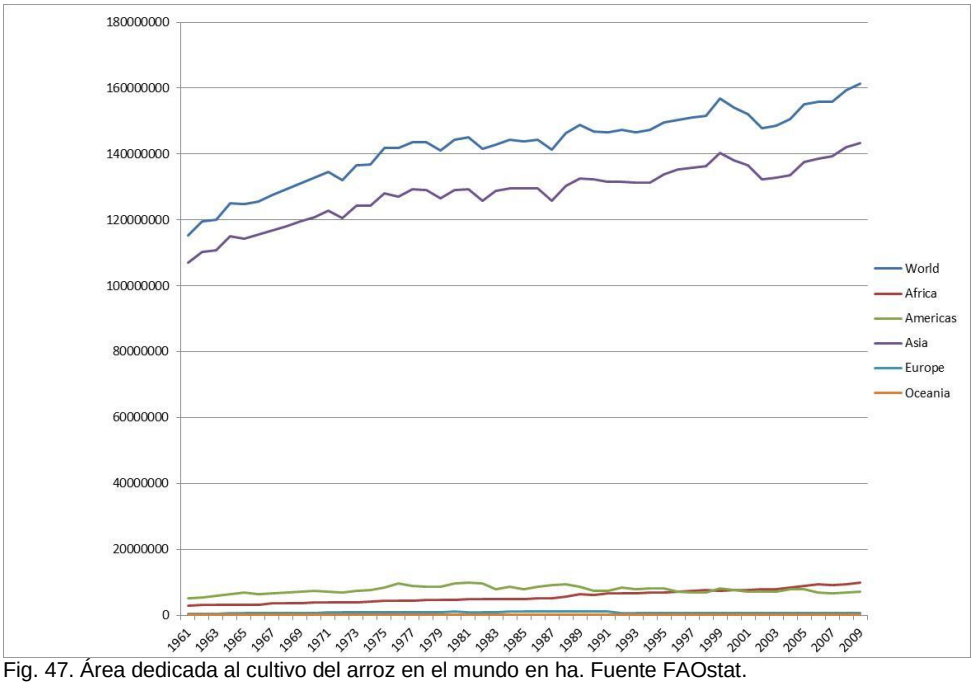


Fig. 47. Área dedicada al cultivo del arroz en el mundo en ha. Fuente FAOstat.

Puede observarse como la superficie cultivada a nivel mundial se ha incrementado significativamente desde el año 1961, sobre todo por el incremento de la superficie cultivada en el continente asiático. El resto de continentes, excepto África que muestra un pequeño incremento de la superficie cultivada, sufre poca variación en este parámetro.

Resulta también de interés analizar los datos de rendimiento del cultivo, al objeto de analizar la incidencia de las nuevas técnicas de cultivo. La evolución del rendimiento (en Hg/ha) del cultivo del arroz a nivel mundial y por continentes se representa en el siguiente gráfico:

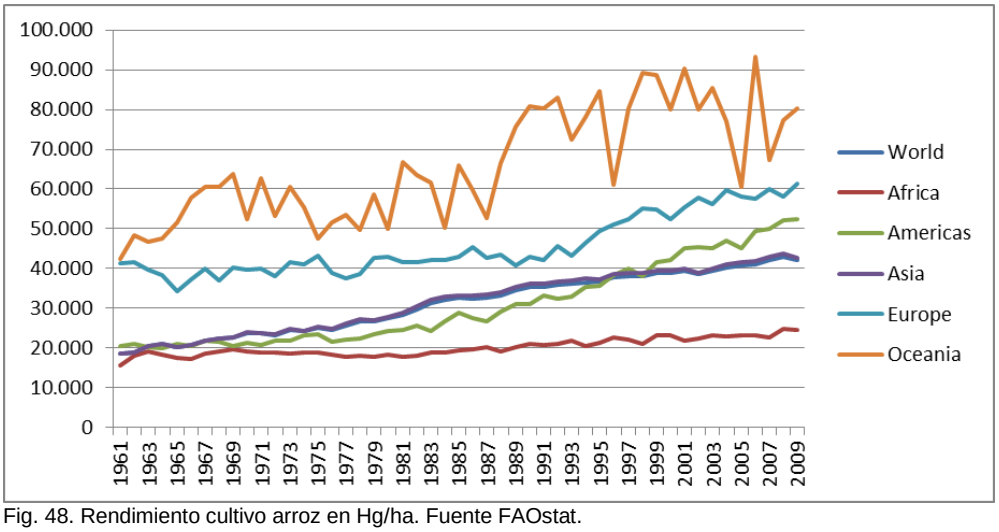


Fig. 48. Rendimiento cultivo arroz en Hg/ha. Fuente FAOstat.

Estimaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos muestran que en el año 2011 la cosecha mundial de cereales llegó en su conjunto a 2.295 millones de toneladas. Esto es, 53 millones de toneladas más que el récord previo, de 2009. Pero el consumo creció 90 millones de toneladas en 2011, para sumar 2.280 millones.

Tres granos dominan la cosecha mundial: el trigo y el arroz, consumidos directamente como comida, y el maíz, usado en gran medida como alimento para el ganado. El trigo era la principal cosecha mundial hasta mediados de los 90, cuando emergió el maíz en respuesta a la creciente demanda de productos de animales alimentados con granos, y más recientemente del etanol.

Las reservas de granos sobrantes (el monto que queda cuando comienza la nueva cosecha) sumaban 469 millones de toneladas, lo suficiente para cubrir 75 días de consumo en los actuales niveles. Entre 1984 y 2001, las reservas de granos se mantuvieron en el nivel de 100 días.

La producción de arroz en España asciende a casi 750.000 toneladas, con tendencia a la baja desde 2004, que fue el año de máxima producción. Desde 1996 se sitúa por encima de las 700.000 toneladas. Este incremento se debe a un doble motivo: el incremento de superficie (casi el 18% a pesar de la caída de 2006) y de los rendimientos (11,1%). España es el segundo productor europeo con el 28% del total, por detrás de Italia, que cuenta con el 57% del total. Tanto la superficie como la producción de arroz están muy concentradas: entre cinco comunidades autónomas reúnen más del 97% tanto de la producción como de la superficie. Destaca la situación de Andalucía, que posee más del 33% de la superficie y casi el 40% de la producción, es la región con rendimientos más altos. Le sigue en importancia Extremadura, con casi el 23% de la superficie y casi el 22% de la producción. Las zonas productoras históricamente tradicionales tienen participaciones menores: Cataluña el 18% de la superficie y el 15% de la producción, la Comunidad Valenciana menos del 13% de la superficie y el 15,5% de la producción y Aragón el 10,5% de la superficie y el 5,75% de la producción. Existen superficies menores en Navarra, Baleares, Castilla-La Mancha y Murcia. En todas estas áreas, los cultivos se sitúan, al igual que en el caso de l'Albufera en áreas de alto valor ecológico.

La mitad de la producción española corresponde a la variedad índica, de grano largo o semilargo, y la otra mitad, o algo menos, a la variedad japónica, de grano corto y redondo. El cultivo de la variedad índica se lanzó desde la entrada de España en la CEE, ya que hasta entonces fue casi testimonial. La opción por una u otra variedad está condicionada por su uso gastronómico: mientras la variedad japónica es la empleada en la cocina tradicional española de arroces, la variedad índica se adapta mejor a la cocina más moderna y es la consumida en el centro y norte de la UE. Mientras poco antes de la adhesión a la CEE, el abrumador peso de la variedad japónica bloqueaba las posibilidades del mercado exterior e incluso el incremento del consumo interior, en la actualidad se detecta un excedente de la variedad índica, que debe competir con los arroces producidos en países terceros.

Las áreas productoras españolas se diferencian en función de las variedades que cultivan:

– Las áreas tradicionales, constituidas sobre todo por las superficies de la Comunidad Valenciana, Cataluña, Aragón y Murcia. En este grupo predomina la variedad japónica y la estructura de producción es de menor dimensión.

– Las nuevas áreas productoras, constituidas por las zonas arroceras de Andalucía y Extremadura. Aquí predomina la variedad índica y la estructura de la producción es sensiblemente mejor.

Tendencias de futuro a nivel nacional y mundial del arroz.

El balance del comercio exterior de arroz es positivo para España prácticamente desde 1990, debido sobre todo al crecimiento de las exportaciones, que oscilan entre 260.000 y 400.000 toneladas en la última década. El comercio exterior español se realiza sobre todo en el ámbito de la Unión Europea, especialmente es a los países miembros a los que se dirigen la mayor parte.

El comercio exterior se realiza sobre todo bajo la forma de arroz elaborado y arroz cargo. Las variedades de arroz tienen distintos mercados, origen y destino. Dentro de la UE el consumo del arroz japónica se limita a los países del sur. La variedad índica constituye, como se ha dicho, la mayor parte del mercado mundial.

El consumo de arroz medio por persona y año en España en 2005 era de 5,8 kilos, un 5% inferior al del año 2000, aunque seguía estando por encima de la media europea. El consumo en el hogar supera ligeramente el 80% del total mientras en Horeca es del 14-15% y el resto de instituciones. Esta distribución apenas ha variado en los cinco años considerados, a pesar de que la cuota de los hogares ha caído más de 10 puntos desde 1987.

Los datos de 2006 del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación ponen de manifiesto el peso de cada tipo de arroz en el consumo total de los hogares: el 58% corresponde a arroz japónica, el 13% al índica, alrededor del 10% al vaporizado y el 9,5% a platos preparados. De todos modos se detectaba ya entonces un aumento de la variedad índica y un auge de los arroces especiales. El consumo regional de arroz mostraba diferencias significativas: la comunidad con mayor consumo es la Comunidad Valenciana, con 7 kilos por habitante y año en los hogares, y las menores el País Vasco y Navarra, con 3,4 kilos.

En base a estos datos podemos estimar que la población de la Comunidad Valenciana consumió en el año 2006 un total de 32.854 Tm de arroz, que supusieron un 27% de las 123.690 Tm que se produjeron aquel año, lo que desmiente la arraigada creencia de que la mayor parte del arroz producido en l'Albufera se consume en la propia Comunidad Valenciana, lo cual no es cierto aun considerando la arraigada cultura gastronómica vinculada a este producto existente en este territorio. Es más, dada la tendencia a la baja que las estimaciones del INE ofrecen para la población española, que pasará de los 46.096.871 de habitantes existentes actualmente a los 41.836.016 que se prevé para el año 2050, puede suponerse, de confirmarse el dato, una merma en el consumo bastante significativa.

La mayor parte de las compras de arroz por parte de los hogares se realiza en la gran distribución, con una cuota próxima al 90%. Dentro de este canal predomina la posición de los supermercados, que, además, han subido su participación frente a los hipermercados. La posición de la gran distribución en este mercado se ve reforzada por el peso de sus propias marcas, que alcanzaron el 53,3% en volumen en 2005 y el 57,7% en 2006 (IRI España), muy por encima de las dos grandes marcas españolas, las de los grupos Herba y Sos Cuétara. Cabe citar el incremento de las marcas de la distribución en casi 10 puntos en el último quinquenio.

La distribución a los canales Horeca está dominada por los distribuidores especializados (61,91%), seguido por mayoristas (15,89%). La gran distribución se queda en poco más del

13,5% y los autoservicios mayoristas en el 6,21%. Con respecto al año 2003, se detecta una subida de los distribuidores especializados.

En cuanto a la distribución es importante remarcar que entre las siete mayores envasadoras reúnen casi el 90% del arroz envasado para el mercado español. En el grupo líder se encuentran empresas multisector y multipaís de base española que cotizan en Bolsa, empresas cooperativas y empresas familiares. Es importante señalar la presencia internacional de los grupos Herba, líder mundial, y Sos, ambos muy diversificados e importantes en el mercado internacional del arroz. La posición de estas dos empresas, con firmas filiales y producción en diversas partes del mundo, incluidos algunos de los mayores productores, las sitúa en alto nivel de competitividad. Dentro de este grupo hay dos cooperativas catalanas y en total se han encontrado cuatro cooperativas que envasan cantidades significativas, algunas de ellas con un alto grado de vinculación a denominaciones de origen. Dentro del grupo de las siete mayores empresas, hay seis que envasan cantidades considerables para las marcas de la distribución, algunas casi en exclusiva. La exportación de arroz envasado está dominada por el grupo Herba, que concentra más del 70% y que constituye la primera arrocera mundial.

En cuanto a las perspectivas de evolución en los próximos 5 años, disponemos de los datos siguientes, obtenidos a partir de datos del CIC (Consejo Internacional de Cereales).

Como ya se ha indicado anteriormente, el 90% de la producción del arroz se cultiva en Asia; siendo China, India e Indonesia los principales países productores del mundo. La superficie sembrada en la campaña 2010/11 alcanzó un record histórico de 159,2 millones de ha, que representa 4,5 millones de ha más que la campaña anterior. Este aumento prácticamente en su totalidad con 4 millones de ha, se ha producido en India de arroz “Sharif”, y el resto en otros países asiáticos y Sudáfrica principalmente. La tendencia prevista para los próximos cinco años, es seguir aumentando pero de una forma más paulatina del orden de 1 millón de has anualmente, hasta alcanzar 161 millones de ha en 2015/16. De los 2 millones de ha previstas que pueden incrementarse en los 5 próximos años, la mitad, es decir 1 millón de ha se cultivarían en India; por otra parte, según las estimaciones para la siembra de arroz en China, se perderían 1 millón de ha entre las 29,6 millones de has de 2010/11 y las previsiones de 28,6 millones de ha para 2015/16. La superficie en los cinco principales países exportadores en 2010/11 es de 67,3 millones de ha, que representan el 42% de la superficie total, siendo las previsiones futuras para del conjunto de este grupo prácticamente las mismas que en la campaña actual.

El incremento de la superficie cultivada, igualmente ha supuesto también valores record en la producción de 2010/11 hasta alcanzar los 449 millones de tm, valores que han superado en 2 millones de t al anterior record alcanzado en 2008/09. Las previsiones para los próximos 5 años en condiciones normales (meteorológicas), tenderían alcanzar 476 millones de t en 2015/16. Estos valores son bastantes optimistas, si se tiene en cuenta las previsiones de siembra que sólo suponen un incremento de 2 millones de ha, lo que supone que habría una mejoría en los rendimientos del cultivo del arroz, que puede darse en todos los países productores del mundo para los próximos cinco años. En la campaña actual la producción se estima en 449 millones de tm, correspondientes 153,1 millones de t a los 5 primeros exportadores del mundo de arroz que podrían alcanzar en los próximos cinco años a un producción de 167,1 millones de t. Esta diferencia de 14 millones de t se encontraría principalmente en India, que incrementaría positivamente su producción en 9,2

millones de t; 2,2 millones de t en Vietnam; 1,8 millones de t en Pakistán, 0,8 millones de t en Tailandia, y nulas las previsiones de incrementar la producción en Estados Unidos.

En el resto de países, hay que resaltar el estancamiento de la producción de China para los próximos 5 años, o incluso bajaría 0,6 millones de t, pero por otra parte Sudáfrica incrementaría su producción de 11,8millones de t en 2010/11 a 14,7 millones de t en 2015/16, igualmente y aunque de forma menos significativa podrían aumentar en 2 millones de t otros países asiáticos como Indonesia y Bangladesh para los próximos 5 años.

En cuanto al comercio, las importaciones de arroz prevista para 2015/16 pueden llegar a 36 millones de t, que representan 5 millones de t más, que las importaciones de la campaña actual prevista en 31 millones de t. Las importaciones anuales se incrementarían en 1 millón de t por campaña hasta los 5 millones de t previstos para los próximos cinco años. Las importaciones más representativas, proceden de los países asiáticos que estarían en 8,7 millones de t en la campaña 2010/11 y llegarían a 11,1 millones de t en 2015/16. El incremento de las importaciones por un total de 2,4 millones de t (casi el 50% de los 5 millones de t que representan el aumento entre ambas campañas), proceden de los países asiáticos, correspondiendo 1 millón de t al aumento de las importaciones de Filipinas, primer país asiático importador de arroz. Igualmente hay que destacar, el aumento previsible en las importaciones en los países subsaharianos que podrían elevarse de 10 millones de t en 2010/11 a 11,6 millones de t en 2015/16.

Tailandia y Vietnam seguirán siendo los principales exportadores de arroz para los próximos 5 años, estos países junto con India, Pakistán y EEUU son los 5 principales países exportadores de arroz. Las exportaciones del conjunto de los 5 países alcanzan en 2010/11 a 24,8 millones de t (10 millones de t a Tailandia; 5,9 millones de t a Vietnam; 3,6 millones de t a EEUU; 2,8 millones de t a India y 2,5 millones de t a Pakistán). Las posibilidades exportadores para estos países en condiciones normales podrían elevarse en 2015/16 a un total de 29,2 millones de t (11,8 millones de t procedentes de Tailandia; 6,7 millones de t Vietnam; 4 millones de t a India; 3,7 millones de t a EEUU y 3,1 millones de t a Pakistán. La diferencia entre las cinco campañas suponen un aumento de 4,4 millones de t distribuidos entre los principales exportadores mundiales: 1,8 millones de t de Tailandia; 1,2 millones de t de India, estando los tres países restantes, por debajo de incrementarse más de 1 millón de t; en caso de Vietnam podrían aumentar su exportaciones 0,8 millones de t; 0,6 millones de t en Pakistán y de 0,1 millón de t en EEUU.

La grafica representa la evolución del comercio del arroz, de los cinco años anteriores y posteriores con respecto a la campaña actual, donde se observa que para los próximos 5 años las exportaciones pueden ir aumentando 1 millón de t cada año, hasta llegar a los 5 millones de t previstos, siendo más significante el comercio en los países más lejanos de Asía y en los países subsaharianos.

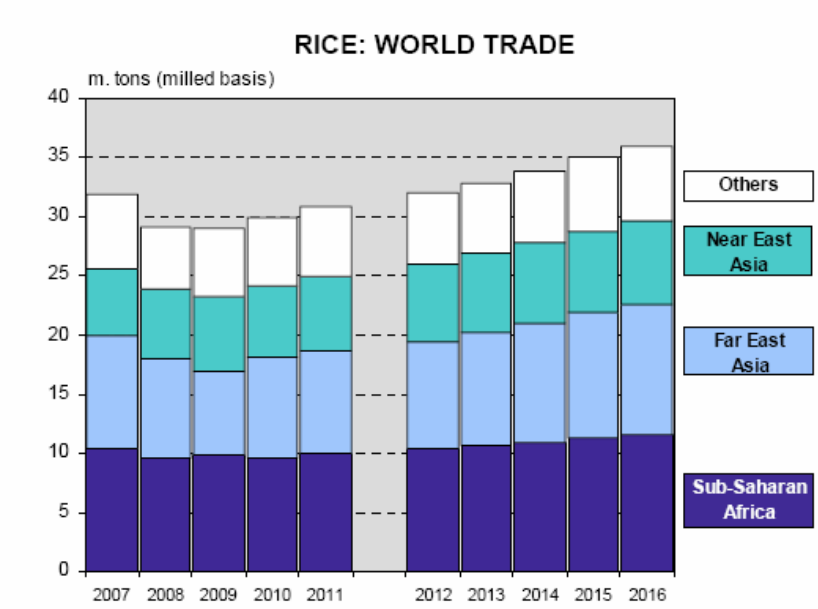


Fig. 49. Comercio del arroz en el mundo. Fuente CIC.

El consumo de arroz entre 2003/04 y 2007/08 fue superior a la producción en 5 millones de t. En la campaña 2008/09 la producción de arroz fue excelente alcanzando 448 millones de t; mientras que el consumo aunque superior a la media de los 5 últimos años, se distancia en 10 millones de t con respecto a la producción. Las campañas 2009/10 y 2010/11 existe una diferencia entre la producción y el consumo de 3 millones de t, siendo las previsiones para los próximos 5 años de una aproximación del consumo con la producción, con un ligero saldo a favor de la producción de 1 millón de t. Este ritmo de descenso en el consumo, se debe a los cambios en los hábitos de consumo por parte de algunas poblaciones más pobres, que han mejorado su dieta alimentaría a base de otros productos más ricos en proteínas que los aportados por el arroz y el resto de los cereales, por lo que una mejoría en el consumo alimentarios distinto al arroz, hace permisible que no exista ningún problema de desabastecimiento en este sector en el futuro. En el cuadro siguiente se indica la producción y el consumo de arroz en los principales países del mundo, así como las previsiones futuras en los próximos 5 años.

	2010-2011		2015-2016	
	Producción	Consumo	Producción	Consumo
China	135,7	134,2	135,1	134,1
India	95,2	91,2	104,4	101,5
Indonesia	38,5	38,9	40,4	41,7
Bangladesh	32	32,6	34	35
Vietnam	24,9	19,4	27,1	20,9
Filipinas	10,4	13,9	11,6	14,6
Tailandia	20,6	9,9	21,4	10,4
Otros	91,7	106,4	101,9	117,1
TOTAL MUNDO	449	446,5	475,9	475,3

Tabla 12. Previsión de la producción y del consumo de arroz en equivalente blanco para los próximos 5 años en millones de tm. Fuente: elaboración propia a partir de datos CIC.

Tres de los países indicados en el cuadro 4, tienen un consumo superior a su propia producción: Indonesia, Bangladesh y Filipinas siendo a su vez los principales importadores de arroz y según las previsiones de CIC, mantendrán el mismo ritmo para los próximos 5 años. Por otra parte, China e India la producción es superior al consumo, tendencia que se mantendrán dentro de los 5 años posteriores, como consecuencia del crecimiento económico de estos países emergentes que han potenciado un gran desarrollo industrial y económico con mejores perspectivas de una alimentación más completa, con dietas más ricas en proteínas y minerales con respecto al resto de los países asiáticos.

China es el principal productor y consumidor de arroz en el mundo, con el 30% del consumo mundial, consume prácticamente su propia producción. Para los próximos 5 años, según fuentes del CIC, la producción y el consumo podrían mantenerse prácticamente estables con respecto a la campaña 2010/11. Según este mismo autor, la producción de arroz en China en un futuro próximo, debería ser superior, una vez que el gobierno chino acaba de autorizar el cultivo de arroz transgénico. Teniendo en cuenta la rentabilidad que esperan del mismos, podrían superar con creces la producción actual, y con ello aumentar las exportaciones de arroz, a la vez que repercutiría en el descenso de los stocks, siempre que se cumplan las previsiones de mantener los mismos niveles de consumo para los próximos 5 años, al mismo ritmo del consumo actual, o incluso el consumo podría ser inferior a consecuencia de los hábitos del consumidor chino, que ha modificado su dieta por una alimentación más rica en proteína y vitaminas que la aportada por el arroz o los cereales. Por el contrario, el segundo país más consumidor de arroz India, aumentaría su consumo en los próximos 5 años en un 11%, mientras que su producción, sólo lo haría en un 9%, lo que implica una reducción de los stocks, ya que las exportaciones seguirían en alza anualmente. Indonesia es el tercer país consumidor de arroz en el mundo, su consumo supera a su producción, debiendo importar entre 0,7 millones de t de la campaña 2010/11 a 0,9 millones de t previstos para 2015/16. El consumo en Bangladesh, supera a su producción por lo que tiene que aumentar la importación para el abastecimiento de su población, las previsiones para los próximos 5 años es aumentar la producción en 2 millones de t, mientras que en consumo sería superior al actual, por lo que está previsto seguir aumentando las importaciones de arroz en un futuro próximo. Vietnam elevaría su producción en 2,2 millones de t, mientras que el consumo sólo aumentaría en 1,5 millones de t, lo que se traduce en un incremento de las exportaciones, y a una reducción de los stocks. La producción de Filipinas aumentaría en 1,2 millones de t y el consumo sólo en 0,7 millones de t, y seguirá siendo importador neto en el mercado del arroz. Por último, en Tailandia el consumo en 2010/11 representa la mitad de su producción, mismo ritmo previsto para la campaña 2015/15.

Los stocks finales de arroz en la campaña 2010/11 ascienden a 96 millones de t, que representan un aumento de 2,4 millones de t con respecto a la campaña anterior. El incremento más considerable está registrado en Tailandia con 1 millón de t; 1,1 millones de t en China y 1,5 millones de t en India; mientras que otros países han reducido los stocks de arroz en 1 millón de t en Filipinas y en 0,6 millones de t en Pakistán principalmente. China con 41 millones de t es el principal país del mundo con más arroz almacenado, representando un 42% de los stocks mundiales, seguido de India con 20 millones de t con el 20%.

Las previsiones de los stocks totales para los próximos 5 años, llegarían a 102 millones de t, liderados por China con 41,3 millones de t, y 18,7 millones de t en India. Por otra parte, los stocks en los principales países exportadores irían disminuyendo de 31 millones de t

almacenados en la campaña 2010/11 a las previsiones de 29 millones de t en la 2015/16. Este descenso de 2 millones de t, se correspondería 0,5 millones de t en EEUU; 0,3 millones de t en Tailandia y 0,2 millones de t en Vietnam principalmente.

La gráfica muestra la evolución de los stocks de las tres últimas campañas y la comparación con respecto a los 5 años anteriores y posteriores:

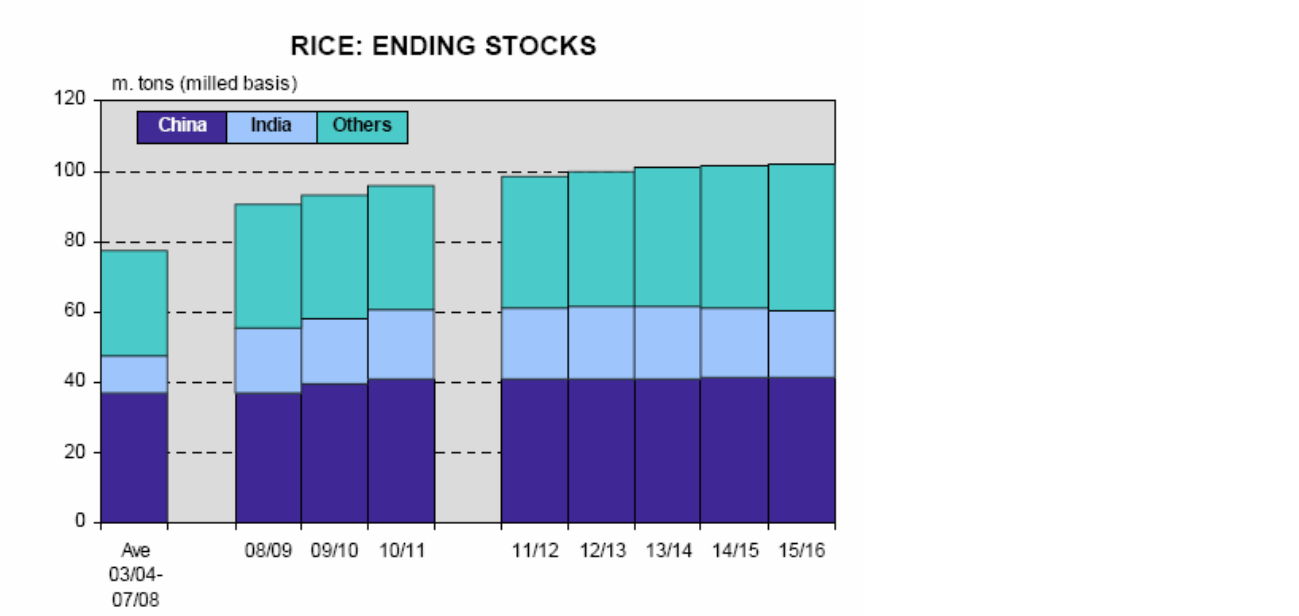


Fig. 50: Evolución de los stocks de arroz de las tres últimas campañas y comparación con respecto a los 5 años anteriores y posteriores. Fuente: CIC.

En la correspondiente gráfica, se observa la evolución de los precios del arroz de exportación desde enero de 2010 a enero de 2011. Se observa unos precios variables durante estos doce meses. Los primeros cinco meses del 2010 los precios registrados bajaron espectacularmente, posteriormente en los tres meses siguientes los precios de todos los arroces excepto el partido permanecen estables y al inicio de la campaña en el mes de septiembre los precios tienden de nuevo a recuperarse. El descenso en los primeros meses de 2010, fue como consecuencia de la incertidumbre por parte de los principales compradores, que encuentran numerosas trabas en concretar compras ante el rumor del cierre de varios mercados, con la consiguiente repercusión de excedentes de arroz en los mercados internos que no pueden absorber la producción creando un pesimismo a los compradores y en consecuencia un descenso de los precios. Posteriormente en los tres meses siguientes, el mercado se estabiliza y finalmente con el inicio de campaña 2010/11 los precios comienzan con una fuerte recuperación, aunque muy por debajo de los registrados en las mismas fechas del año anterior.

Es importante tener en cuenta igualmente, los precios del arroz pady en los países productores de la UE donde España representa un segundo puesto después de Italia. Las gráficas de fuente del comité de gestión de cereales, indican la evolución de los precios en las tres campañas, donde se puede observar precios muy variables a lo largo de las campañas.

La conclusión es que la producción, consumo y stocks subirán ligeramente, mientras que el comercio podría triplicar su actividad en los próximos 5 años. En caso de la producción, las

condiciones de una mejora técnica en las explotaciones agrícolas sería la causa de este aumento; en el caso del consumo sólo aumentaría ligeramente en los países asiáticos diferentes de China e India, países emergentes que han conseguido grandes avances económicos y en consecuencia la población está cambiado sus hábitos de consumo de arroz por otros productos más ricos en proteínas y vitaminas principalmente. Los precios del arroz, como del resto de los cereales son también muy volátiles, dependen no sólo de las condiciones meteorológicas, sino de causas financieras e internas de los países productores, lo que implica incertidumbre constante en todos los campos que cubre el sector del arroz en el mundo.

La relación entre el cultivo arrocero y la fauna en el sistema de l'Albufera.

Consideramos adecuado aquí hacer referencia a la vinculación existente entre la actividad agraria y las comunidades faunísticas, sobre todo de aves, ya que resulta de sumo interés, al construir el arrozal la mayor parte de la superficie del humedal y existir un fuerte vínculo de este con la fauna del sistema que encuentra aquí su principal fuente de alimentación.

Así, durante la época reproductora, el arrozal juega un importante papel en el mantenimiento de las poblaciones de aves acuáticas. Aunque su trascendencia como área de cría se ve limitada por las continuas intervenciones del agricultor, este ambiente acoge más del 50 % de la población nidificante de Cigüeñuela (*Himantopus himantopus*), además de un cierto número de Chorlitejo Chico (*Charadrius dubius*) y otras aves acuáticas, especialmente Ánade Azulón (*Anas platyrhynchos*) y Gallineta Común (*Gallinula chloropus*). No se ha de olvidar, además, la amplia red de acequias y canales de este ambiente, y en las que nidifican un buen número de especies como el Avetorillo (*Ixobrychus minutus*), el Zampullín Chico (*Tachybaptus ruficollis*), la Gallineta Común o el Ánade Azulón.

Al mismo tiempo, el arrozal ofrece un medio que es aprovechado como área de alimentación por casi todas las aves acuáticas nidificantes y migrantes en l'Albufera, en especial por garzas, anátidas, rálidos y larolimícolas como la Pagaza Piconegra, (*Gelochelidon nilotica*) o la Cigüeñuela. En este sentido, se puede decir que algunas especies (garzas y gaviotas) dependen casi exclusivamente del arrozal para obtener alimento.

Dada la capacidad limitada que presentan los ambientes naturales del parque natural para producir alimento, como consecuencia de su reducida superficie (apenas el 10% de la superficie total del parque) y la escasa calidad actual de las aguas, la inundación prolongada de los campos y el cultivo del arroz favorecen el crecimiento de una importante comunidad de invertebrados (insectos, crustáceos, anélidos, etc.), que constituye la base de la cadena trófica del parque.

En el periodo comprendido entre los meses de octubre y febrero, l'Albufera y el arrozal inundado acoge también una gran biodiversidad. En este espacio de tiempo, l'Albufera adquiere notoria relevancia en el contexto europeo con la llegada de un buen número de aves acuáticas invernantes nacidas en las regiones templadas y boreales de Europa. En este sentido, se señalan importantes concentraciones de anátidas, con inviernos en los que se superan las 30.000 aves, siendo las especies más numerosas el Pato Colorado (*Netta Rufina*), Cuchara Europeo (*Anas clypeata*) y el Ánade Azulón así como las gaviotas que alcanzan más de 40.000 ejemplares. También destacan las cifras alcanzadas por

limícolas (avefrías, chorlitos y correlimos), en ocasiones más de 4.000 aves, Cormorán Grande (*Phalacrocorax carbo*), con más de 2.000 aves, y garzas, hasta las 7.000 aves. Los motivos que explican esta elevada diversidad son variados. Además de la situación geográfica de l'Albufera en el contexto europeo, en un área clave para la migración de las aves y con gran capacidad de acogida por las temperaturas suaves y la mayor disponibilidad de alimento; en el ámbito regional, el papel del arrozal y del humedal durante este periodo es incuestionable. De esta manera, se ha observado que las mayores cifras de aves acuáticas en l'Albufera coinciden con la máxima superficie de arrozal inundado, en los meses de noviembre, diciembre y enero, apreciándose, con el vaciado del arrozal, un descenso escalonado en estas poblaciones, que se acentúa a finales de enero y principios de febrero.

Para la mayoría de especies, la presencia del arrozal o marjal inundado durante el invierno ejerce un importante atractivo, puesto que pone a su disposición en una amplia superficie (más de 12.500 ha), una importante cantidad de alimento y una gran diversidad de ambientes, con zonas de inundación en las que se superan los 50 cm de profundidad (las zonas de menor cota próximas al litoral y la laguna de l'Albufera), y otras en las que apenas se mantiene un escaso nivel de encharcamiento o incluso permanecen en seco, que se corresponde con las áreas de cultivo de mayor cota.

5.4.4. Sector Primario. El Sector Ganadero.

En cuanto a la actividad ganadera, su importancia es escasa en el Parque. Se centra fundamentalmente en la cría intensiva mediante piensos. La participación más importante la constituye el ganado ovino y el ganado porcino, explotados fundamentalmente en los municipios de Catarroja, Silla, Sollana y Valencia.

Tras la recolección del arroz, a partir del mes de septiembre, el ganado del entorno del arrozal se introduce en los campos para que aproveche la rastrojera hasta el comienzo de las primeras labores preparatorias del terreno para la nueva siembra.

5.4.5. Sector primario Silvicultura.

Dentro del sector primario, la silvicultura es prácticamente inexistente en la zona, siendo La Devesa la masa forestal más importante y no estando sujeta a explotación forestal. Un aspecto relacionado con la masa forestal es el de los incendios, los cuales, aunque de escasa importancia, se han producido con cierta frecuencia en el monte de la Devesa. En el año 1986 se produjo el mayor incendio que ha tenido lugar en la Devesa durante los últimos años, con un total de 320.000 m2 calcinados en las proximidades del Racó de l'Olla.

5.4.6 Sector primario. La Actividad cinegética.

La actividad cinegética en el sistema de l'Albufera reviste gran importancia, tanto en el aspecto ecológico como socioeconómico, por lo que cabe hacer una reseña descriptiva de la misma.

La tradición cinegética en L'Albufera de Valencia se remonta como mínimo al período de la ocupación árabe. La exuberante vegetación y abundante caza (ciervos, jabalíes, liebres, perdices, conejos, nutrias, aves acuáticas, etc.) convertían entonces este enclave en un incomparable marco para el ejercicio de esta actividad; razón por la que el rey Jaime I reservó su propiedad tras conquistar el Reino de Valencia, dictando una serie de privilegios y ordenanzas que garantizasen el buen uso y conservación del lago y la Devesa.

En las Ordenanzas dictadas en el año 1761 por Carlos III figuran seis capítulos relacionados con la caza en el lago y sus Límites, dejando a criterio del intendente el arriendo de éste. Al pasar a ser propiedad estatal en el año 1865 se continuó arrendando la caza en el lago, correspondiendo al concesionario la regulación y organización de las tiradas y subasta de puestos.

Las tiradas organizadas en el lago se siguieron llevando a cabo hasta finales de los años setenta, cuando el Ayuntamiento de Valencia decide suprimirlas y dejar, únicamente, las tiradas populares de San Martín y Santa Catalina en las que se dejaba cazar a todos; estas tiradas causaban un notable impacto sobre la fauna del lago, más que por el número de piezas abatidas, fundamentalmente fochas, por el número de especies protegidas (garzas, cormoranes, etc.) que eran víctimas de las escopetas. En el año 1982 se prohibió la caza en la Mata del Fang, en 1985 en la Mata de Sant Roc y en 1986 en La Manseguerota y el Lluent, para, finalmente, suprimir la caza en el lago en el año 1987.

La práctica cinegética fuera de los límites del lago es relativamente reciente, teniendo como precedente la tirada anual de fochas que se celebraba en la Bassa de Sant Llorenç de Cullera desde 1830. Esta tirada se realizaba a finales de noviembre, prohibiéndose tirar desde el 1 de septiembre a fin de permitir que las aves se querenciasen en la zona.

El éxito obtenido por esta tirada organizada hizo que los vecinos de Sueca emularan el sistema y, para ello, en el año 1850 crearon el primer "vedat" inundando las partidas de Calderería y Bassals, realizando dos tiradas que fueron progresivamente aumentando en número y popularidad. El acontecimiento se extendió a Cullera que hizo lo propio inundando las partidas de Balsa Rasa y Rabasals en 1852. Los ayuntamientos, a la vista del éxito obtenido, se vieron obligados en 1888 a resolver mediante subasta la adjudicación de las replazas y a ampliar la superficie de los vedados. La regulación de la caza en cada vedado corresponde a la Junta de Tiradas.

En la actualidad, se practica la caza en régimen de "vedats" en Sueca, Cullera y Silla, realizando ocho tiradas cada temporada en sábado, entre finales de noviembre y mediados de enero. Las subastas se realizan el día 12 de octubre en Cullera y en los dos domingos siguientes en Sueca y Silla, por este orden. Finalizada la subasta, se da un plazo de tres días para que se coloquen los barriles o "bocois" en las replazas y, a continuación, se establece la guardería y se cierra el acceso al “vedat”, incluso a los propietarios de los campos. De este modo, las aves no son molestadas, facilitando así su querencia, para lo cual, incluso, se les ceba con arroz.

Mención aparte merece el “vedat” de Sollana, ya que su importancia era mayor que el de Silla; sin embargo, ya no se realizan tiradas en él. Las especies más cobradas, tanto en Sueca como en Cullera, son el ánade rabudo y el pato colorado; en Silla, en cambio, la focha es la especie mayoritaria.

Tradicionalmente, al finalizar las tiradas en los "vedados", se realizaban las "càbiles", en las que se cazaba durante ocho o diez días consecutivos y podía participar cualquier miembro de las sociedades de cazadores en su respectivo coto. El origen de esta práctica se halla en que, al subastar los puestos, los cazadores locales de modestos recursos económicos perdían la oportunidad de cazar durante casi toda la temporada, por lo que al finalizar la última tirada ocupaban los vedados durante varios días seguidos. Esta práctica, hoy extendida a todos los cotos que rodean el lago, produce un importante impacto negativo sobre la avifauna, a pesar de que el éxito cinegético es muy inferior a las tiradas, ya que durante varios días las aves deben alejarse prolongadamente del arrozal que es su principal zona de alimentación.

El resto de cotos privados (pertenecientes a sociedades de cazadores y particulares) soportan una elevada presión cinegética, abatiéndose pocas piezas (pollas de agua y limícolas fundamentalmente) ya que no se querencian tanto en la zona.

En cuanto a la estructura cinegética del Parque, cabe señalar que la superficie de arrozal ocupada por cotos se eleva a 13.259 hectáreas, de las que 4.201 corresponden a los "vedados". Hay que añadir, finalmente, que el número de cazadores en la zona supera las 6.500 escopetas. La problemática que plantea la caza respecto del Parque Natural se centra, fundamentalmente, en la práctica fuera de temporada y en zonas vedadas por parte de cazadores furtivos y en la eliminación de individuos de especies protegidas.

Hay que hacer mención a que la actividad cinegética representa a su vez una importante actividad económica en la zona, ya que los puestos de caza en los “vedats” alcanzan altos precios y generan una intensa actividad en cuanto a la vigilancia y preparación de los mismos para el desarrollo de la actividad.

Asimismo es destacable la vinculación estricta existente entre la actividad cinegética y la del cultivo arrocero, de la que actualmente es estrictamente dependiente, factor este a tener en cuenta a la hora de articular los escenarios de futuro en el sistema.

5.4.7. Sector secundario. La industria en el entorno de l’Albufera.

La actividad industrial desarrollada en el entorno de l’Albufera resulta un factor de gran importancia a la hora de comprender la evolución del sistema durante las últimas décadas.

La degradación de la calidad de los recursos hídricos del lago coincide con el acelerado proceso de desarrollo industrial acaecido en las localidades de su ámbito de influencia a partir de la década de los años sesenta del siglo pasado. El aumento indiscriminado de los vertidos de aguas residuales que afluían al lago a través de la red de acequias de riego provenientes de las nuevas instalaciones industriales y de los núcleos urbanos contribuyó, junto al cambio de las prácticas agrícolas en el cultivo del arroz a que lo que anteriormente era una laguna limpia oligotrófica se convirtiera en una laguna eutrófica hacia los años 70 y en hipertrófica a finales de esta década.

Aunque no disponemos de datos desagregados para evaluar la situación actual de la actividad industrial en el entorno del sistema de l’Albufera, la tendencia general en el ámbito de la Comunidad Valenciana, extrapolable a la zona de estudio, indica una tendencia a la disminución de la participación de este sector productivo en el PIB.

La factoría automovilística Ford en la zona sur del sistema constituye el establecimiento industrial de mayor relevancia. Respecto a ella hay que considerar la propia factoría y el resto de industrias complementarias situadas en su entorno y que dependen de ella para su supervivencia. Este sector mantiene su actividad en los últimos años, a pesar de la crisis económica existente. La tendencia de futuro parece apuntar a su mantenimiento e incluso a un crecimiento de su producción, así como parece apreciarse que se constituye en un polo de actividad alrededor del cual en un futuro irán asentándose nuevas empresas.

Junto con el núcleo de la factoría Ford, se constituye en zona preferente de implantación de nuevas industrias el eje de la autovía de Albacete, así como las localidades situadas en la autovía de Madrid cercanas a Valencia, como Chiva y Cheste, así como aquellas zonas exteriores al bypass, ya que estas zonas ofrecen la posibilidad de instalar las nuevas industrias en polígonos industriales de reciente construcción debidamente ocupados y con acceso fácil a vías de comunicación, principalmente carreteras, aunque también en algunos casos ferrocarril.

Por el contrario las zonas industriales del sur del área metropolitana de Valencia (Alfafar, Catarroja, Beniparrell Silla…) se hallan en declive, al corresponder la mayoría de industrias implantadas en las mismas a sectores en decadencia y presentar dificultades para la implantación de nuevas actividades por las deficiencias que presentan los actuales polígonos industriales existentes.

Así, es previsible que continúe el declive de las industrias correspondientes a sectores tradicionales, como el mueble (que ha visto disminuir un 20% el número de industrias), curtido y galvanotecnia. Estos irán disminuyendo su presencia en el entorno del sistema, reduciendo así los impactos negativos sobre este, ya que estos sectores fueron los principales responsables del deterioro del mismo en el último tercio del siglo XX, junto con los vertidos urbanos sin depurar.

Por tanto contemplamos una evolución probable de este sector en la que se producirá una relocalización de la actividad industrial, desplazándose esta hacia otros ámbitos más alejados de los tradicionales en torno a la ciudad de Valencia y continuando con el cambio progresivo de las tipologías de actividad desarrolladas, sustituyendo las actividades tradicionales por otras de menor impacto ambiental y mayor valor añadido. Prevemos que el núcleo principal de actividad se continuará articulando en torno a la factoría de Ford en Almussafes.

En todo caso contemplamos que la incidencia ambiental de este sector sobre l'Albufera continuará disminuyendo, dado que la eliminación de las industrias tradicionales y la localización en nuevos polígonos que disponen de instalaciones de tratamiento reducirán el impacto ambiental derivado de estas actividades.

5.4.8. Sector terciario. La actividad comercial y turística en el ámbito de l'Albufera.

La actividad turística en el ámbito del espacio natural se halla radicada principalmente en la zona de la restinga, entre Pinedo y Cullera, donde radican la mayor parte de las instalaciones hoteleras y viviendas de segunda residencia, así como los establecimientos dedicados a la restauración, aunque respecto a estos últimos destaca también el enclave del Palmar, que muestra una alta concentración de este tipo de establecimientos. Es una

actividad muy significativa en este ámbito, habiendo tenido una repercusión notoria en la degradación de los valores del espacio natural, básicamente por la ocupación del suelo por los desarrollos urbanísticos y por los vertidos procedentes de las instalaciones y viviendas.

Es significativo resaltar también la actividad turística relacionada con el uso de playa por parte de los habitantes de la ciudad de Valencia, que en periodo estival y sobre todo en los fines de semana constituye un flujo muy importante de personas que suponen un impacto significativo sobre el entorno derivado del pisoteo y del tráfico intensivo de vehículos utilizados en los desplazamientos.

La tipología de establecimientos dedicados a la actividad turística en el ámbito de l'Albufera es muy variada, incluyendo desde grandes instalaciones hoteleras de lujo, como el Hotel Sidi Saler (hoy cerrado) y el Parador Nacional Luis Vives hasta campings, pequeños hoteles y restaurantes de diversa índole. No obstante cabe indicar que la mayoría del uso turístico se vincula con las actividades de restauración y el uso de playa, siendo predominantes las visitas de un solo odia de visitantes provenientes de los núcleos urbanos del entorno. También es significativa la presencia de viviendas de segunda residencia, habitadas mayoritariamente en verano, aunque cada vez hay un mayor número de personas que residen en la zona permanentemente.

No disponemos de datos desagregados respecto del número de pernoctaciones que se realizan en la zona ni del número de usuarios de la zona, por lo que no podemos establecer cuál ha sido la evolución de la actividad en el pasado y las tendencias de futuro para las mismas.

Se incluye a efectos orientativos la evolución de las plazas turísticas ofertadas en la provincia de Valencia, desglosadas por tipología.

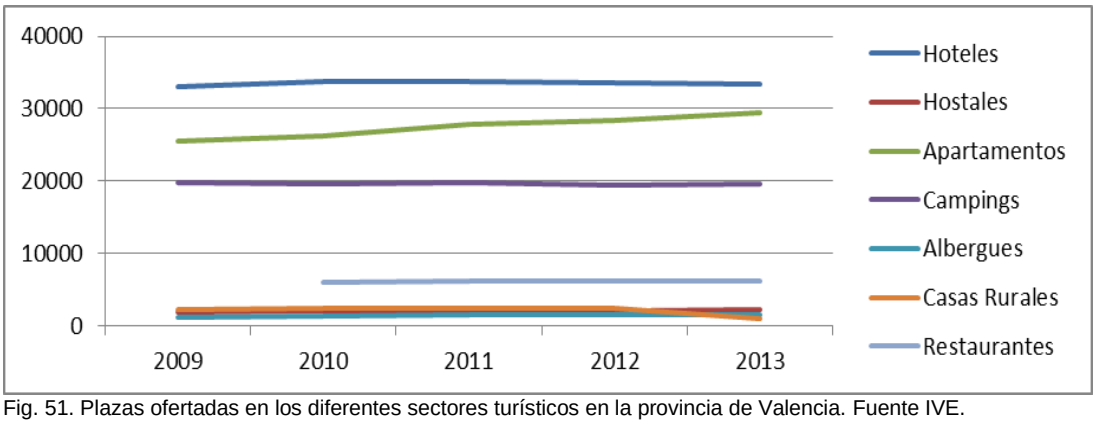


Fig. 51. Plazas ofertadas en los diferentes sectores turísticos en la provincia de Valencia. Fuente IVE.

Los datos muestran para el conjunto de la provincia de Valencia una estabilización en el número de plazas ofertadas, excepto para las plazas en apartamentos que muestran una cierta tendencia al alza.

Extrapolando estos resultados al ámbito de la zona de l'Albufera cabría suponer una estabilización en la actividad turística en la zona lo que añadido a las limitaciones que la normativa del Parque Natural impone a los desarrollos urbanísticos nos induce a pensar que este sector de mantendrá unos niveles de actividad estables en los próximos años.

En cuanto a la actividad comercial cabe referir que ésta ha tenido su núcleo principal de desarrollo en el entorno de la denominada pista de Silla, que a su vez constituye el límite oeste del Parque Natural. En la margen opuesta de la carretera se ha desarrollado una alta concentración de establecimientos comerciales, muchos de ellos grandes superficies. El incremento de la actividad en esta zona ha sido sostenido durante los últimos años y ha culminado por el momento con la instalación del establecimiento de instalaciones de IKEA.

La repercusión ambiental de estas actividades se relaciona principalmente con la producción de aguas residuales, pero también con la contaminación lumínica y sonora que producen, debido al intenso tráfico que se genera en su entorno. También cabe considerar la contaminación atmosférica generada por este intenso tráfico.

6. Procesos de cambio climático global y su repercusión en el sistema de l'Albufera.

A la hora de configurar los escenarios de futuro representativos de la situación del sistema Albufera, reviste especial relevancia considerar la variabilidad climática derivada de los procesos de cambio climático global cuya realidad es aceptada por la mayoría de la comunidad científica internacional.

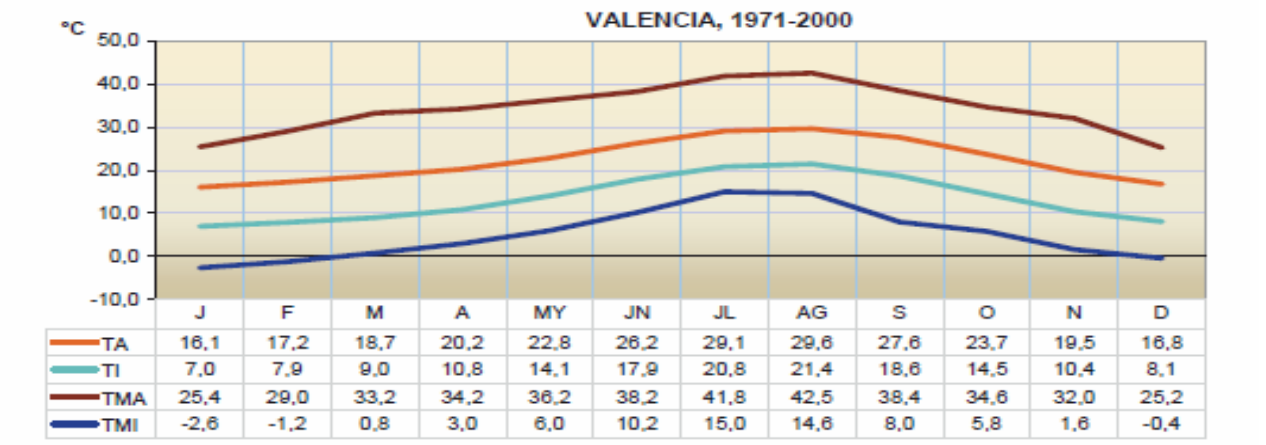
Resulta por tanto fundamental abordar el estudio de las condiciones climáticas previstas para los horizontes temporales definidos para estos escenarios, ya que el factor clima condiciona el resto de variables que configuran el funcionamiento del sistema. Un clima más cálido, en cumplimiento de las previsiones actualmente aceptadas, redundará en variaciones en factores como la disponibilidad de recursos hídricos, la configuración de la línea de costa, la fenología de las comunidades vegetales y faunísticas y, evidentemente, en las actividades humanas desarrolladas en el ámbito del espacio natural.

Abordaremos a continuación pues, una síntesis contextual de los distintos aspectos relacionados con los procesos de cambio climático, pasando de inmediato a recoger aquellos aspectos que resultan de aplicación directa a la problemática de la zona estudiada.

6.1. El clima actual de l'Albufera.

Antes de abordar el análisis de la posible evolución de los factores climáticos en el ámbito de sistema de l'Albufera, factor este determinante de la configuración del mismo, al condicionar la disponibilidad de recursos hídricos y la dinámica de las biocenosis que lo conforman. Conviene pues fijar las características esenciales del clima del territorio de estudio.

El clima de l'Albufera se corresponde con el de la llanura litoral de la Plana de Valencia en la que se sitúa. Este se caracteriza por ser un clima mediterráneo típico, con inviernos suaves, veranos calurosos y precipitaciones escasas, inferiores en promedio a los 500 mm. Los valores climáticos normales para el periodo 1970-2000, proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología son representativos de tal caracterización.

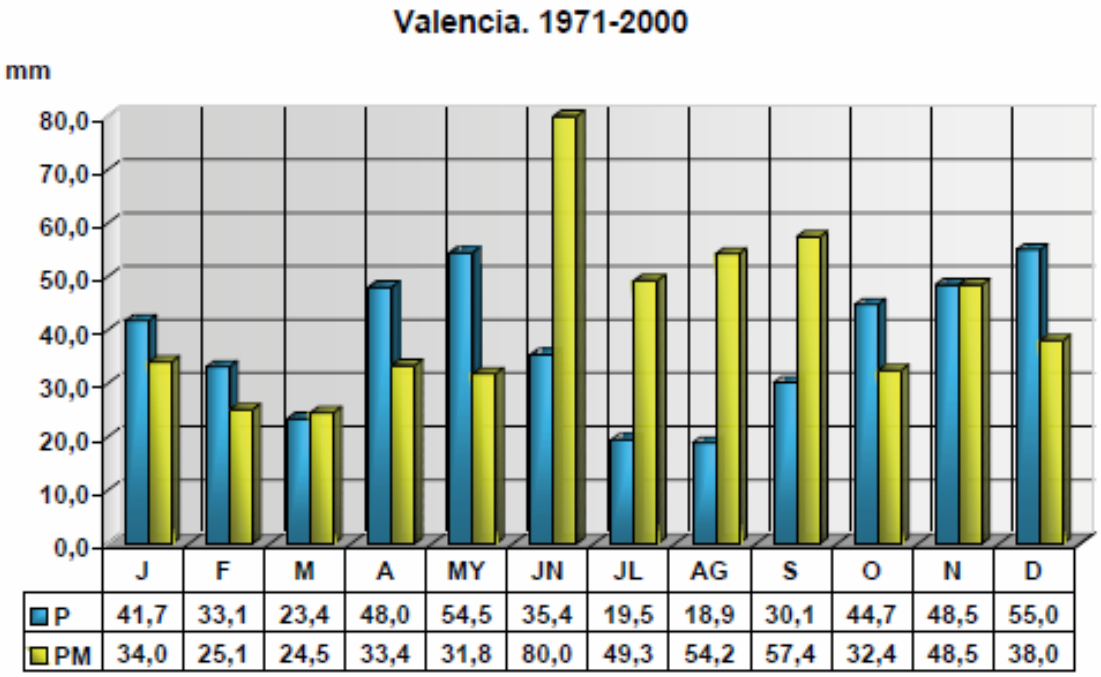


	J	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D
TA	16,1	17,2	18,7	20,2	22,8	26,2	29,1	29,6	27,6	23,7	19,5	16,8
TI	7,0	7,9	9,0	10,8	14,1	17,9	20,8	21,4	18,6	14,5	10,4	8,1
TMA	25,4	29,0	33,2	34,2	36,2	38,2	41,8	42,5	38,4	34,6	32,0	25,2
TMI	-2,6	-1,2	0,8	3,0	6,0	10,2	15,0	14,6	8,0	5,8	1,6	-0,4

Fig. 52. Valores de temperatura normales para el periodo 1971-2000 para el observatorio de Valencia. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología, Atlas Climático Ibérico, 2011.

TA: Temperatura media de las máximas.
TI: Temperatura media de las mínimas.
TMA: Temperatura máxima absoluta.
TMI: Temperatura mínima absoluta.

En cuanto al régimen de precipitación el siguiente gráfico recoge los valores normales para el periodo considerado.



	J	F	M	A	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D
P	41,7	33,1	23,4	48,0	54,5	35,4	19,5	18,9	30,1	44,7	48,5	55,0
PM	34,0	25,1	24,5	33,4	31,8	80,0	49,3	54,2	57,4	32,4	48,5	38,0

Fig. 53. Valores de precipitación normales para el periodo 1971-2000 para el observatorio de Valencia. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología, Atlas Climático Ibérico, 2011.

P: Precipitación total media.
PM: Precipitación máxima diaria.

Esta configuración climática, como ya se ha expuesto en el apartado de este documento destinado a la caracterización del régimen hidrológico, conlleva una característica esencial: la evapotranspiración supera siempre la precipitación directa recogida, por lo que el

sistema es necesariamente hidrológicamente deficitario, haciéndolo, como ya se ha descrito, dependiente estricto de las aportaciones de caudales procedentes de su cuenca o de otras, de las aguas subterráneas y, en última instancia, de las aportaciones de aguas marinas.

6.2. Previsiones de evolución climática en el ámbito de estudio. Procesos de cambio climático.

Introducción a los procesos de cambio climático.

A lo largo del cuaternario, el clima terrestre ha oscilado repetidamente entre períodos glaciares frios y períodos interglaciares cálidos. Se ha conservado un archivo de temperaturas de 400.000 años de antigüedad en la capa de hielo antártica. Excepto en los bordes costeros, la capa se libró de la fusión incluso en los más cálidos períodos interglaciares. Este archivo sugiere que el presente período interglaciar, el Holoceno, que empezó hace unos 12.000 años, está ya agotándose.

Las naturales oscilaciones climáticas van asociadas a variaciones lentas de la órbita terrestre inducidas por los campos gravitatorios de otros planetas, sobre todo Júpiter, Saturno y Venus. Estas perturbaciones apenas cambian la energía solar media anual que llega a la Tierra, pero alteran la distribución geográfica y estacional de la energía solar incidente, o insolación, hasta en un 20%. Los cambios en la insolación durante largos períodos afectan a la formación y fusión de las capas de hielo. La insolación y los cambios climáticos afectan también a la absorción y emisión de dióxido de carbono y metano por las plantas, los suelos y el océano. Aún no es completo el conocimiento cuantitativo de cómo el océano y los suelos liberan dióxido de carbono y metano cuando la Tierra se calienta, pero los datos paleoclimáticos ofrecen ya información al respecto. Las oscilaciones del clima de la Edad de Hielo aportan algo fundamental: una medida empírica de la sensibilidad climática.

La composición de la atmósfera de la Edad de Hielo se conoce con precisión gracias a las burbujas de aire aprisionadas a medida que las capas de hielo de la Antártida y Groenlandia, como numerosos glaciares de montaña, iban creciendo. La distribución geográfica de las capas de hielo, la cubierta vegetal y el perfil de las costas durante la Edad de Hielo están bien cartografiados. A partir de esos datos, sabemos que la magnitud de la perturbación exógena total ha cambiado entre la Edad de Hielo y la actualidad en unos 6,5 watt por metro cuadrado. Esta diferencia sustenta un cambio global de temperatura de 5 grados Celsius, es decir, una sensibilidad climática de 0,75 ±0,25 grados Celsius por watt y metro cuadrado. Aunque los modelos climáticos predicen una sensibilidad climática similar, el resultado empírico es más preciso y fidedigno porque abarca todos los procesos que operan en el mundo real, incluidos los que todavía no se han incorporado a los modelos.

Los cambios de la órbita terrestre provocan cambios climáticos, al alterar las propiedades de la atmósfera y la superficie, y, por lo tanto, el equilibrio de energía planetario. Hoy en día, las actividades humanas afectan más a las propiedades de la atmósfera y la superficie que las variaciones orbitales de nuestro planeta.

El mayor cambio operado por las perturbaciones exógenas del clima en los siglos recientes es el debido a los gases de efecto invernadero antropogénicos. Los gases de invernadero presentes en la atmósfera absorben la radiación calorífica, en vez de dejarla escapar al espacio. La atmósfera devuelve más calor al suelo del que permite salir al espacio; la Tierra radia así menos energía al espacio que la que absorbe del Sol. Este desequilibrio temporal de la energía planetaria da por resultado un calentamiento gradual de la Tierra.

El más importante gas antropogénico de invernadero es el dióxido de carbono; que procede mayoritariamente de la combustión de carburantes fósiles (carbón, petróleo y gas). No obstante, el efecto combinado de otros gases antropogénicos es comparable. Esos otros gases, especialmente el ozono troposférico y sus precursores, como el metano, son ingredientes de la niebla fotoquímica, perjudicial para la salud humana y la productividad agrícola. Los aerosoles (partículas finas en el aire) constituyen el otro principal factor humano de alteración del clima. Su efecto es más complejo. Algunos aerosoles "blancos", como los sulfatos que proceden del azufre en los carburantes fósiles, son muy reflectores y reducen, por tanto, el calentamiento solar de la Tierra; sin embargo, el hollín, producto de la combustión incompleta de los carburantes fósiles y los biocarburantes, así como de la quema de biomasa al aire libre, absorbe la luz solar y, por lo tanto, calienta la atmósfera. La magnitud de esta perturbación exógena directa del clima provocada por los aerosoles es incierta en al menos un 50 por ciento, en parte porque las cantidades de aerosol no son bien conocidas y en parte a causa de la complejidad del fenómeno.

Los aerosoles producen también una perturbación indirecta al alterar las propiedades de las nubes. Las nubes resultantes, más brillantes y de vida más larga, reducen la cantidad de luz solar absorbida por la Tierra: el efecto indirecto del aerosol consiste en una perturbación negativa que causa enfriamiento. Otro factor antropogénico que influye sobre el clima es la sustitución de bosques por campos de cultivo. Los bosques son oscuros, incluso con el suelo cubierto de nieve; su eliminación reduce el calentamiento solar. No parece probable que otros factores naturales, como los debidos a las erupciones volcánicas y las fluctuaciones del brillo solar, presenten una tendencia concreta en una escala de tiempo del orden de mil años. Pero consta que ha habido un pequeño aumento del brillo solar a lo largo de los últimos 150 años; esta variación se estima algunas décimas de watt por metro cuadrado.

El valor neto de estos efectos, sumados desde 1850, es de 1,6 ± 1,0 watt por metro cuadrado. Pese a las grandes incertidumbres, hay pruebas de la validez aproximada de esta estimación. Una la da la estrecha concordancia de la temperatura global observada durante los últimos decenios con los modelos climáticos que incorporan esas perturbaciones exógenas. Pero hay otra prueba más fundamental: la ganancia de calor en los océanos mundiales durante los últimos 50 años concuerda con la perturbación exógena total neta estimada.

La temperatura global media en superficie ha aumentado unos 0,75 grados desde que se generalizaron las mediciones con instrumentos, es decir, desde finales del siglo XIX. La mayor parte del calentamiento, unos 0,5 grados, ha tenido lugar después de 1950. Las causas del calentamiento observado se pueden investigar mejor en los últimos 50 años, porque la mayor parte de las perturbaciones se observaron entonces, sobre todo desde que se iniciaron en el decenio de los setenta las medidas de la radiación solar, los

aerosoles estratosféricos y el ozono mediante satélites. Además, el 70 por ciento del incremento antropogénico de los gases de invernadero se ha producido después de 1950.

La magnitud más importante es el desequilibrio planetario de energía. Se debe al largo tiempo que tardan los océanos en calentarse. Se llega a la conclusión de que la Tierra está ahora desequilibrada, desde el punto de vista radiativo, entre 0,5 y 1 watt por metro cuadrado: absorbe mucha más radiación de la que emite en forma de calor hacia el espacio. Aun cuando la composición de la atmósfera no cambiara más, la superficie terrestre seguiría calentándose un poco con el tiempo, entre 0,4 y 0,7 grados.

Según el informe del IPCC para 2007 existen evidencias claras de variaciones en el clima atribuibles al incremento de temperaturas. Según este informe el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar.

De los doce años comprendidos en el periodo 1995-2006, once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005), cifrada en 0,74°C [entre 0,56°C y 0,92°C] es superior a la tendencia correspondiente de 0,6ºC [entre 0,4ºC y 0,8ºC] (1901-2000) indicada en el Tercer Informe de Evaluación. Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos.

El aumento de nivel del mar concuerda con este calentamiento. En promedio, el nivel de los océanos mundiales ha aumentado desde 1961 a un promedio de 1,8 [entre 1,3 y 2,3] mm/año, y desde 1993 a 3,1 [entre 2,4 y 3,8] mm/año, en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares. No es posible dilucidar hasta qué punto esa mayor rapidez evidenciada entre 1993 y 2003 refleja una variación decenal, o bien un aumento de la tendencia a largo plazo. La disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento. Datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que el promedio anual de la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en un 2,7 [entre 2,1 y 3,3] % por decenio, con disminuciones estivales aún más acentuadas, de 7,4 [entre 5,0 y 9,8] % por decenio. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios.

Entre 1900 y 2005, la precipitación aumentó notablemente en las partes orientales del norte de América del Sur y del Norte, Europa septentrional, y Asia septentrional y central, aunque disminuyó en el Sahel, en el Mediterráneo, en el sur de África y en ciertas partes del sur de Asia. En todo el mundo, la superficie afectada por las sequías ha aumentado probablemente desde el decenio de 1970.

Procesos de cambio climático en España y en el ámbito de estudio.

A nivel de España las tendencias de cambio las sintetiza el Informe Sobre Cambio Climático en España, elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2003 (Moreno Rodríguez, J.M. *et all*.; 2005).

Así, se indica en este estudio que el incremento de la temperatura media anual planetaria en superficie durante el último siglo, y más concretamente a partir del segundo lustro de los años 70 del siglo XX, se ve confirmado en los análisis realizados a partir de series regionales obtenidas mediante interpolación de los observatorios que cubren diferentes regiones españolas, como también de las series individuales más largas existentes en España.

Aunque el conocimiento a largo plazo de la temperatura del aire en España dista aún de ser completo a una escala espacial de detalle, hay algunos estudios recientes sobre el conjunto del país o de su parte peninsular. Así, en un análisis preliminar para el período 1864-1999 de series regionales homogeneizadas de promedios mensuales de temperaturas máximas, mínimas y medias a partir de 98 observatorios que cubren el conjunto de España, se ha constatado un incremento estadísticamente significativo de las tres variables, tanto anual como estacionalmente, más marcado en invierno que en verano.

Con una explícita corrección del efecto urbano, una investigación sobre 45 observatorios ibéricos 27 de ellos con series que comienzan en 1869, ha llegado a las siguientes conclusiones:

1) Las temperaturas máximas han crecido significativamente desde los años 70 del siglo XX, excepto en Galicia, a razón de 0.6ºC/década, como valor medio, aunque con apreciables variaciones regionales.

2) Las temperaturas mínimas han experimentado un ascenso similar.

3) El calentamiento ha sido detectado principalmente en invierno.

En conjunto, es el norte y noroeste peninsular la zona con variaciones más suaves. Aunque en la España peninsular el año de inicio del calentamiento reciente puede establecerse algo antes del a menudo utilizado a escala global -1976-, las tendencias en las series de temperatura media anual españolas analizadas en el European Climate Assessment (ECA) desde ese año (Badajoz-Talavera, Salamanca, San Sebastián, Roquetes-Tortosa y Valencia) muestran, como la mayoría de las restantes europeas, un aumento de al menos 0,3ºC/década, en el período 1976-1999. Esto contrasta con tendencias negativas en el treintenio anterior 1946-1975. En Badajoz, Tortosa y Valencia existe una tendencia significativa, a lo largo del período 1946-1999, tanto en el número de días cálidos y de días de verano (positiva), como en el número de días fríos (negativa).

Diversos estudios sobre regiones españolas coinciden en un hecho esencial: el calentamiento a partir de la década de los años 70 es visible y significativo. Así, varios trabajos sobre 9 estaciones de la Meseta norte han revelado una tendencia creciente significativa de las temperaturas mínimas medias anuales de 0.051ºC/año, en el período 1972-1994, no existiendo en el intervalo temporal mayor 1945-1994, así como de las máximas medias anuales. El alza en las temperaturas mínimas y en las medias, pero no en las máximas, ya había sido constatada anteriormente en 5 ciudades de la misma región (incluyendo Madrid), con series que en dos casos empezaban en 1869 y acababan en 1992.

El análisis de las variaciones y tendencias de las temperaturas máxima y mínima media anual en la Meseta Meridional en el período 1909-1996, previa homogeneización mediante

el test SNHT de las series de 21 estaciones y posterior elaboración de una serie regional, muestra como resultados más relevantes: 1º) Las temperaturas máximas anuales han registrado un significativo incremento, cifrado en 0.71ºC durante el citado periodo, mientras que la tendencia de las mínimas, también positiva, carece de significación estadística; y 2º) La evolución temporal muestra fases paralelas a las planetarias, estando caracterizada la del tramo final 1972/73-1996 por un significativo incremento tanto en las temperaturas máximas como en las mínimas, de 1.62ºC y 1.49ºC, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron sobre 7 observatorios de primer orden de la región.

Para Aragón, Navarra y La Rioja el análisis de las series homogeneizadas de valores medios estacionales de las temperaturas máxima y mínima diarias en 15 observatorios, durante los períodos 1921-1997 y 1938-1997, respectivamente, dio los siguientes resultados: 1) Desde comienzos de la década de los años 70 se registra un calentamiento generalizado que no es homogéneo estacionalmente, dado que no se detecta en otoño, pero es muy claro en particular en las temperaturas máximas de primavera, 0.143ºC/año (1975-1997), y de verano, 0.096ºC/año (1973-1996); 2) en primavera el incremento de la amplitud térmica diaria es significativo; y 3) exceptuando el otoño, se ha producido una disminución general de la variabilidad desde mediados de los años 70, de manera que las anomalías registradas no sobrepasan las observadas anteriormente.

Los análisis de 23 estaciones de la cuenca del Segura para el período 1940-1997 coinciden en la significación de su tendencia creciente desde los años 70. Del mismo modo, es la primavera la estación que muestra un mayor calentamiento, 0.123ºC/año para las máximas (1970-1997). Los mayores aumentos en las máximas se dan en las áreas de montaña, mientras que son las tierras bajas las que han mostrado un mayor incremento de las mínimas.

Otras series regionales de temperatura máxima, mínima y media a resolución estacional y anual para Cataluña, construidas a partir de 23 estaciones, localizadas preferentemente en sectores no urbanos, y con las verificaciones de homogeneidad del test SNHT, han permitido establecer las pautas temporales en la región sobre un período superior a un siglo (1869-1998).

Se distinguen tres fases: un aumento térmico entre 1869 y 1949, de 0.01ºC/año; un corto paréntesis frío, aunque también significativo, a razón de -0.03ºC/año, desde mediados de siglo hasta mediados de la década de los 70; y la marcada alza de la temperatura desde entonces hasta el final del período, de 0.07ºC/año. Para el período completo el aumento es de 0.89ºC, siendo el invierno, con 1.78ºC, la estación que ha experimentado el mayor calentamiento, y el verano la de aumento más suave, con 0.59ºC. Las series de temperaturas máximas y mínimas medias anuales y estacionales confirman pautas similares, con un ligero mayor incremento en las primeras (0.96ºC) que en las segundas (0.82ºC). Para el observatorio Fabra (Barcelona) sendos análisis de las temperaturas máximas y mínimas diarias han confirmado el comportamiento diferenciado entre ellas y la tendencia general al alza.

En un trabajo sobre 23 observatorios de la Comunidad Valenciana y de Murcia, con el período común 1940-1996, se detectó una llamativa discrepancia en la evolución de la amplitud térmica diaria de los observatorios urbanos y rurales, lo que condujo a concluir que buena parte del calentamiento observado en las series térmicas de los primeros era consecuencia de la influencia urbana.

El otro factor climático de interés fundamental en cuanto a determinar la posible evolución de los humedales frete a los procesos de cambio climático es la precipitación, pues de este dependen los aportes de recursos hídricos al ecosistema. A este respecto se indica que la tendencia a la disminución de los totales pluviométricos en latitudes subtropicales apuntada en el tercer informe del IPCC (IPCC 2001) no resulta de fácil verificación en el caso de España, dada la complejidad de las distribución espacial de la precipitación, no sólo en su cuantía, sino también en su reparto estacional y en su concentración temporal, lo que obliga al empleo de un número considerable de series climáticas, en pocos casos disponibles con la necesaria longitud. No existe un estudio exhaustivo que permita cubrir a una resolución espacial detallada el conjunto del país. Además, la elevada variabilidad temporal de la precipitación en buena parte de España, inherente a su condición mediterránea, exige series largas, preferiblemente centenarias.

Las 10 series españolas de precipitación media anual analizadas en el ECA (Badajoz-Talavera, Madrid, Málaga-aeropuerto, Navacerrada, Salamanca, San Sebastián, Torrevieja, Roquetes-Tortosa, Valencia y Zaragoza-aeropuerto) sobre el período 1946-1999, no muestran, a diferencia de un cierto número de series europeas, un aumento de los totales, acorde con el previsible incremento general de la precipitación planetaria. Tampoco se aprecia en el caso de los mismos observatorios de España tendencia significativa en el número anual de días lluviosos (>1mm). Sobre la evolución de las cantidades de lluvia por encima de determinados umbrales y la aportación porcentual de los días más lluviosos al total anual, que podrían reflejar variaciones en la intensidad pluviométrica, sólo Madrid muestra una tendencia negativa en el primer caso y, junto con Tortosa, en el segundo.

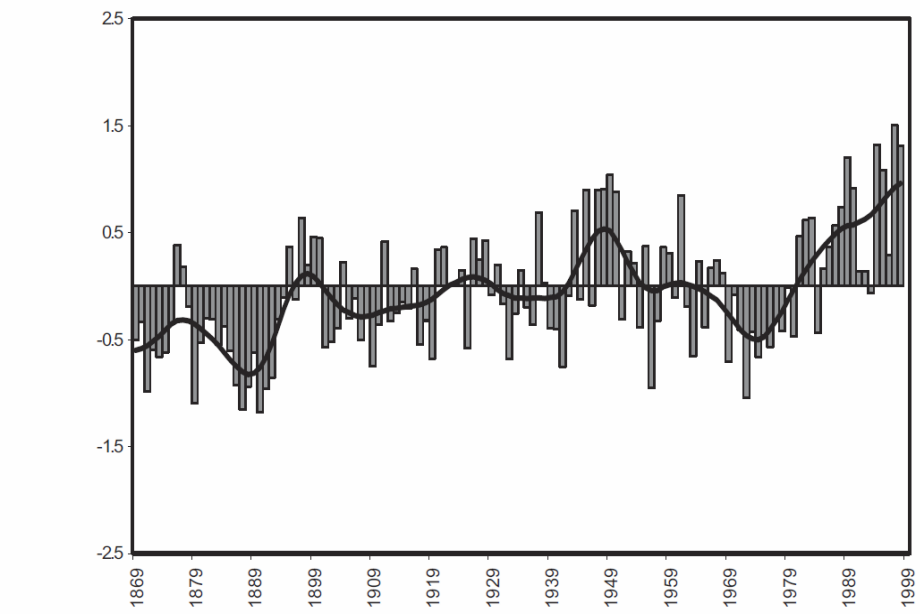


Fig. 54. Anomalías absolutas de temperatura media anual con respecto a la media del periodo 1961-1990 en el NE de España (1869-1998) Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*. 2005, Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.

En un contexto plurisecular, las series pluviométricas anuales más largas de la Península Ibérica, que comienzan en el siglo XIX (Gibraltar, a finales del XVIII 1791), no muestran tendencias significativas, a excepción de algunas meridionales (Gibraltar, San Fernando) con tendencia estadísticamente significativa a la baja. Una investigación sobre las 53

series pluviométricas anuales más largas disponibles hasta 1990, incluidas algunas de Baleares y Canarias, dio como resultado un mapa con un amplio espacio central, de Extremadura a la Comunidad Valenciana y Cataluña, además de Baleares y Canarias, carente de una tendencia definida; el norte y noroeste peninsular, con una cierto apunte al alza; y el sur y el sureste peninsular, con tendencia decreciente. También en otro análisis sobre 40 observatorios peninsulares y de Baleares, durante el período 1880-1992, se aprecia el comportamiento diferenciado entre la franja norteña ibérica, con tendencia al alza, del interior y la fachada mediterránea, a la baja. En otros trabajos con series de longitud algo inferior al siglo o con datos de rejilla del período 1900-1996 no se detectan tendencias anuales claras, aunque sí que parece consistente una reducción pluviométrica primaveral.

Regionalmente, una serie de precipitación anual areal para las cuencas hidrográficas del Sureste y Levante que cubre el período 1864-2000 no presentó tendencia significativa. Casi una treintena de series anuales de la cuenca del Ebro, en el período 1920-2000, que han permitido una regionalización según la evolución temporal, no muestran tendencias monótonas en ninguna de las áreas consideradas. Tampoco se detectó en la Meseta meridional a partir de 6 observatorios. En Cataluña, a partir de 121 estaciones, no se apreció tendencia significativa en la precipitación anual del último siglo y medio, aunque sí en la de primavera, con una reducción de más de un 25%. Otros análisis también sobre series de longitud próxima o superior al siglo detectan ciertas anomalías pluviométricas y algunos períodos lluviosos, apareciendo, entre otros hechos generales, el período inicial de las series, hasta finales del siglo XIX o principios del XX, como lluvioso, al igual que los años 60 y 70 de este último siglo, mientras que, en comparación, a finales de los años 70 se inicia un período seco. En el contexto plurisecular del último medio milenio, la cantidad de precipitación, reconstruida a partir de proxy data, muestra una reducción en los últimos decenios del siglo XX tanto en el sur peninsular, como en el norte.

Cuando el análisis refiere al último tercio del siglo XX se aprecia una reducción significativa de la cantidad de precipitación en algunas comarcas y rejillas que cubren la España peninsular y Baleares. Así ocurre en el período 1963-1985 en las partes oriental y pirenaica de la cuenca del Ebro. En algunos estudios tal disminución se debe, especialmente, a la merma de lluvias invernales y -como se ha dicho anteriormente- primaverales, que se ha puesto en relación con el aumento de la presión atmosférica en el Mediterráneo occidental desde los años 70 del siglo XX, producto, por una parte, del reforzamiento del modo positivo de la Oscilación del Mediterráneo y, por otra, de la ocurrencia de una fase positiva de la NAO (Oscilación del Atlántico Norte). En las regiones españolas con fachada mediterránea, desde Andalucía a Cataluña, incluida Baleares, la reducción pluviométrica en el treintenio 1964-1993, al comparar sus dos subperíodos de 15 años, se ha producido en buena parte de Andalucía y Cataluña, en Menorca y en el noroeste de Mallorca, mientras que la variación es positiva en gran parte de la Comunidad Valenciana y Murcia, según han puesto en evidencia los análisis realizados sobre 410 estaciones meteorológicas. La tendencia a la baja durante el último período internacional (1961-1990) es confirmada para el sur de la España peninsular. En la Comunidad Valenciana casi un centenar de estaciones pluviométricas avalan la reducción de la precipitación anual y un aumento de la variabilidad interanual durante el último período internacional (1961-1990), aunque con diferencias espaciales muy notables.

Sobre la variabilidad pluviométrica interanual, que muestra en la España peninsular una notable complejidad, la hipótesis de un aumento de la misma no encuentra un aval claro en

un contexto plurisecular. Así, las anomalías pluviométricas del siglo XX tienen un comportamiento similar a las de los cuatro siglos anteriores en Andalucía, aunque la segunda mitad del siglo XX destaca por su alta variabilidad. En las últimas décadas la variabilidad interanual también se ha elevado en otras regiones, incluso en la Meseta meridional la tendencia creciente cubriría el siglo XX.

En el caso que nos atañe, respecto de la Comunidad Valenciana, se ha observado una disminución pluviométrica invernal, e incluso otoñal, acompañada por una mayor variabilidad interanual en el último período internacional.

Las pautas temporales de la precipitación a resolución diaria son del máximo interés en el ámbito de los climas españoles y afecta directamente al régimen de alimentación del sistema de l'Albufera, dada la alta concentración temporal de la lluvia, con los consiguientes problemas de drenaje y erosivos. Sin embargo, son muy pocos los estudios al respecto. Los análisis publicados no permiten inferir una elevación de la intensidad diaria de la precipitación, es decir, un mayor peso de los días con cantidades elevadas sobre el total de días de precipitación. Así, para el período 1958-1997, y a partir de 18 observatorios ibéricos, en gran parte del territorio, excepto en el Sureste, se ha producido una tendencia hacia un menor número de días con cantidades de precipitación elevadas. Tampoco en la Comunidad Valenciana son claras las tendencias de los 10 días más lluviosos, ni de su contribución porcentual a los totales anuales, con ligeras tendencias a la baja los primeros y al alza el segundo.

Cabe considerar en todo caso que el régimen pluviométrico otoña-invernal es determinante en los humedales costeros mediterráneos, aunque en el caso de l'Albufera la acusada artificialidad actual del sistema le hace menos dependiente de este tipo de factores. En todo caso cabe tomar en consideración este tipo de factores a la hora de construir unos escenarios futuros de evolución del sistema.

6.3. Síntesis de las previsiones de cambios en el clima para el conjunto de la Península Ibérica.

Las tendencias del clima futuro dependen de los escenarios socioeconómicos que se utilicen y varían según los modelos generales de clima que se usen. Según la documentación consultada, el incremento térmico que se proyecta para la Península Ibérica según se utilicen escenarios más o menos favorables (menos o más emisiones, respectivamente) es uniforme a lo largo del siglo XXI, con una tendencia media de 0,4 ºC/década en invierno y de 0,7 ºC/década en verano para el escenario menos favorable (A2 según el IPCC), y de 0,4 ºC y 0,6 ºC/década, respectivamente, para el escenario más favorable (B2 del IPCC).

Por lo que respecta a las precipitaciones, las tendencias de cambio a lo largo del siglo no son por lo general uniformes, con notables discrepancias entre los modelos globales, lo que resta fiabilidad al resultado. No obstante, todos ellos coinciden en una reducción significativa de las precipitaciones totales anuales, algo mayor en el escenario A2 que en el B2. Dichas reducciones resultan mayores en la primavera y algo menores en el verano.

En este estudio se indica que la aplicación de modelos regionales permite ampliar el detalle de las proyecciones climáticas para el caso de la Península Ibérica. Así los

resultados de uno de estos modelos (PROMES) para el último tercio del siglo arrojan los siguientes datos:

- La temperatura aumentará entre 5 y 7ºC en verano y 3 a 4ºC en invierno, siendo algo menor el aumento en las costas que en el interior, y menor también (aprox. 1º) para el escenario B2 que el A2.

- Los cambios en las precipitaciones son más heterogéneos, acentuando el gradiente Noroeste-Sureste en invierno y otoño, con ligeros aumentos en uno y disminuciones en el otro. En primavera y, sobre todo, en verano, la disminución de las precipitaciones es generalizada.

- Estas variaciones son más acusadas en el escenario A2 que en el B2.

- La frecuencia y amplitud de anomalías térmicas mensuales se incrementa a lo largo de todas las estaciones y en los dos escenarios, si bien existe una importante variabilidad geográfica.

- Los cambios en las anomalías mensuales de la precipitación no son concluyentes.

- La frecuencia de días con altas temperaturas aumenta en primavera y otoño, si bien en las islas no es concluyente.

- Los días con temperaturas mínimas tienden a disminuir.

En las figuras siguientes, tomadas del referido documento del Ministerio de Medio Ambiente, se muestran las variaciones estacionales en la temperatura y la precipitación obtenidas para España con 7 modelos MCGA-OA procedentes de distintos institutos de investigación de diferentes países. Estos modelos proyectan, para mediados del siglo XXI, un calentamiento para España comprendido entre 1.0 y 5.0 °C y una disminución de las precipitaciones de hasta 40 mm en los meses de verano.

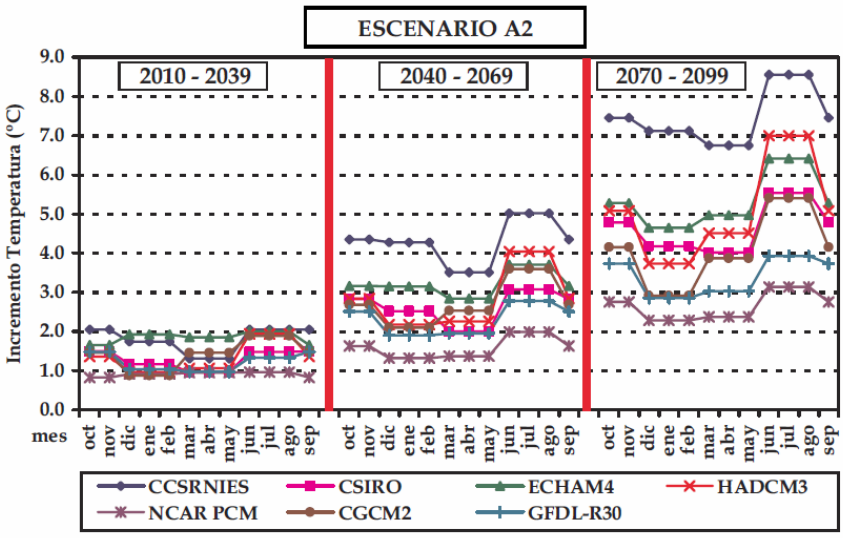


Fig. 55. Evolución de las temperaturas en España en los distintos periodos del Siglo XXI prevista por distintos modelos climatológicos. Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*. 2005, Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático

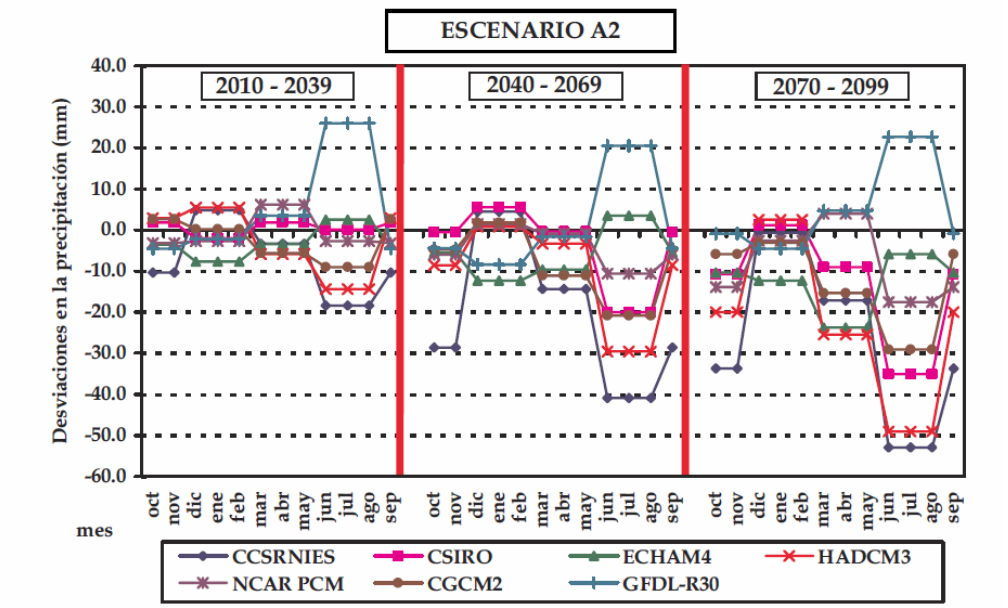


Fig. 56. Evolución de las precipitaciones en España en los distintos periodos del Siglo XXI prevista por distintos modelos climatológicos. Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*. 2005, Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.

Considerando el conjunto de resultados del cambio climático proyectado a lo largo del siglo XXI para España por los diferentes modelos climáticos considerados en el documento, ordenan su grado de fiabilidad en sentido decreciente de la siguiente manera:

1º Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo.

2º Tendencia a un calentamiento más acusado cuanto mayor es el escenario de emisiones.

3º Los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno.

4º El calentamiento en verano es superior en las zonas del interior que en las costeras o en las islas.

5º Tendencia generalizada a una menor precipitación acumulada anual.

6º Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales.

7º Más frecuencia de días con temperaturas máximas extremas en la Península, especialmente en verano.

8º Para el último tercio del siglo, la mayor reducción de precipitación en la Península se proyecta en los meses de primavera.

9º Aumento de precipitación en el oeste de la Península en invierno y en el Noreste en otoño.

10º Los cambios de precipitación tienden a ser más significativos en el escenario de emisiones más elevadas.

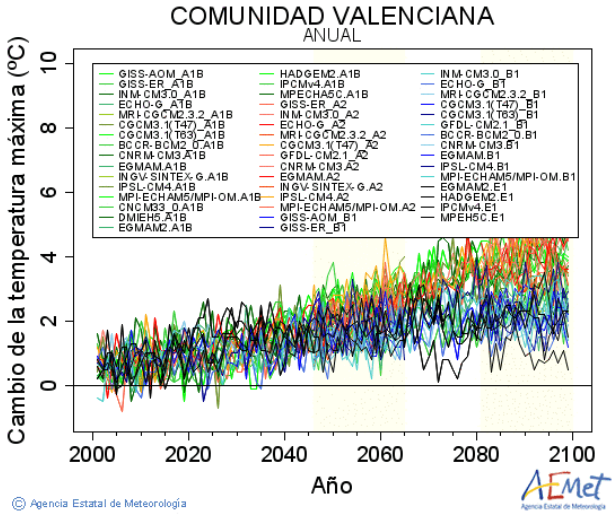
Se indica asimismo que el modelo regional de clima PROMES, anidado en el modelo global HadCM3 proporciona resultados de mayor detalle para la Península Ibérica. El tamaño de celdilla es de 50 km, lo que permite reproducir más adecuadamente los rasgos orográficos de la Península y considerar también a las islas mayores de Baleares y Canarias. Esto permite suponer que las proyecciones de clima futuro obtenidas con el modelo PROMES resultan más apropiadas para analizar impactos a escala regional, que las derivadas directamente del modelo global.

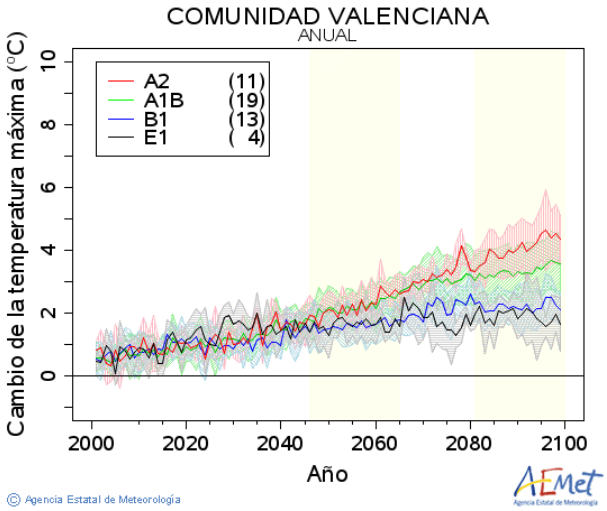
Las proyecciones de cambio climático realizadas con el modelo regional corresponden solamente al último tercio del siglo (2071-2100), y se han deducido tomando como referencia el clima simulado por dicho modelo en el periodo 1961-1990 (experimento de control). Asimismo, se han considerado los dos escenarios de emisiones de GEIs (A2 y B2).

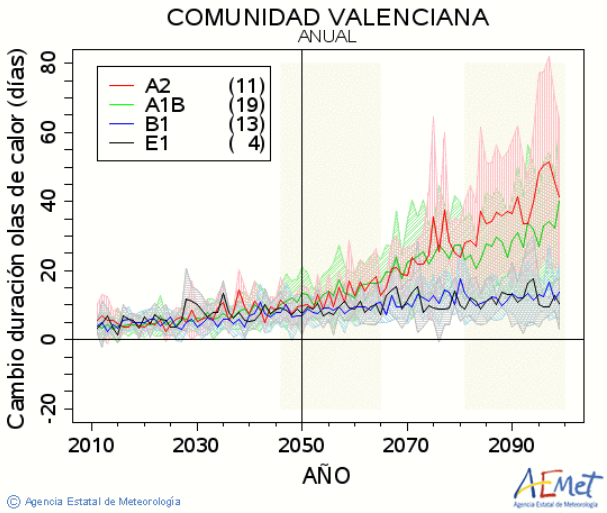
La Agencia estatal de Meteorología proporciona dicho conjunto de gráficas que plasman una síntesis de los resultados proporcionados por los distintos modelos considerados y se ajustan además a un ámbito territorial regionalizado.

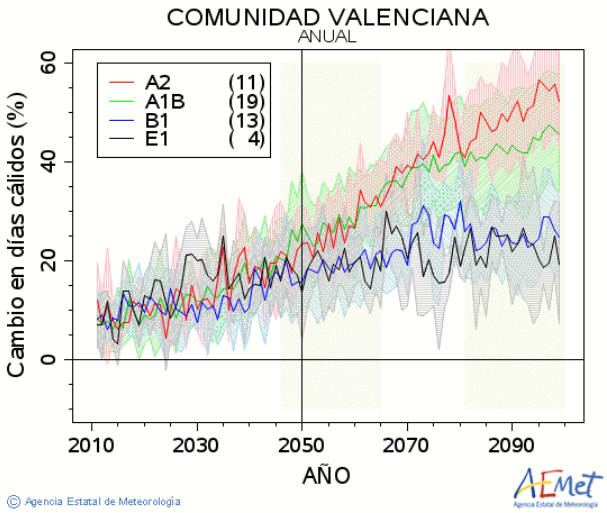
A continuación se incluyen las gráficas proporcionadas por AEMET representativas de la evolución de los principales parámetros climáticos para el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana.

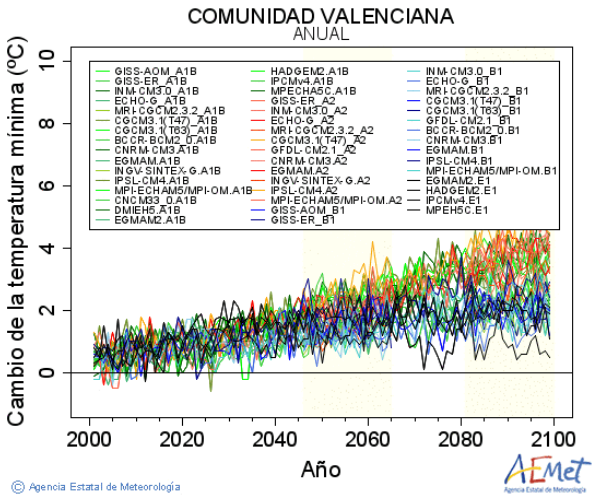
- Predicciones de cambios en las temperaturas:

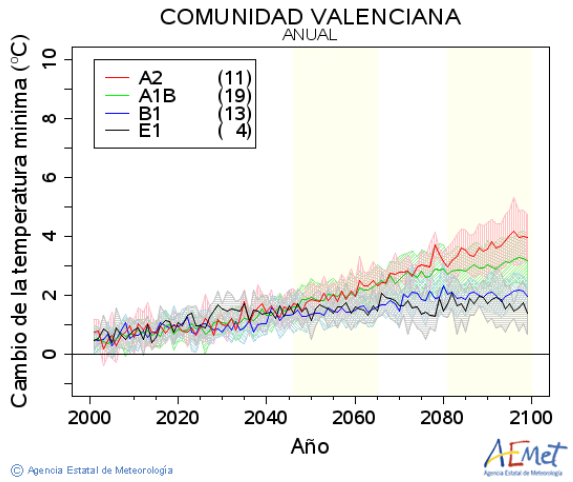


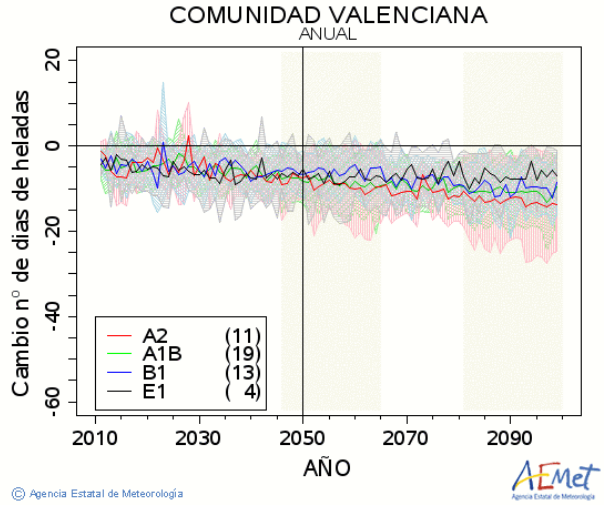

COMUNIDAD VALENCIANA
ANUAL
A2 (11)
A1B (19)
B1 (13)
E1 (4)
Cambio de la temperatura máxima (ºC)
0
2
4
6
8
10
2000
2020
2040
2060
2080
2100
Año
© Agencia Estatal de Meteorología

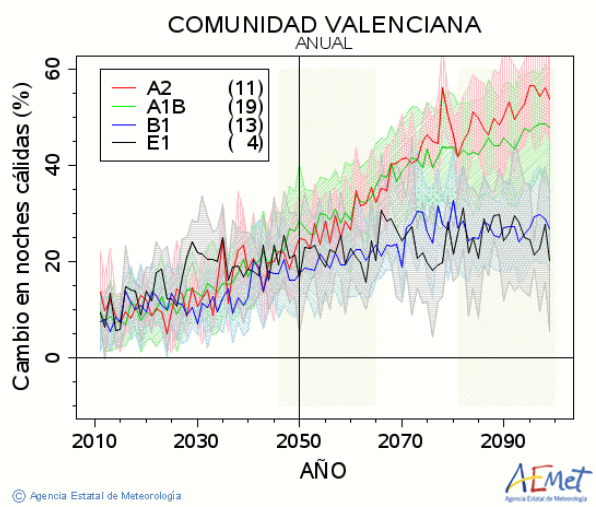

COMUNIDAD VALENCIANA
ANUAL
A2 (11)
A1B (19)
B1 (13)
E1 (4)
Cambio duración olas de calor (días)
-20
0
20
40
60
80
2010
2030
2050
2070
2090
AÑO
© Agencia Estatal de Meteorología


COMUNIDAD VALENCIANA
ANUAL
A2 (11)
A1B (19)
B1 (13)
E1 (4)
Cambio en días cálidos (%)
0
20
40
60
2010
2030
2050
2070
2090
AÑO
© Agencia Estatal de Meteorología

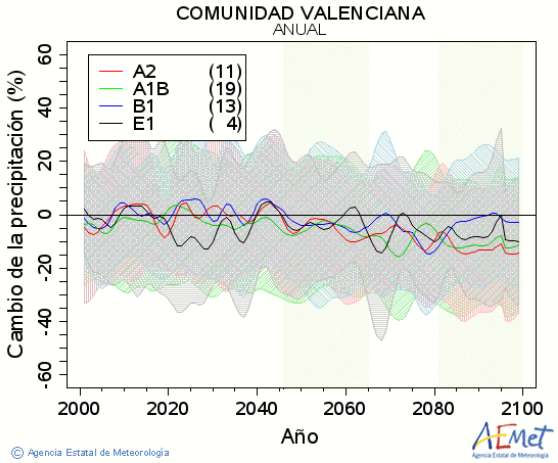

COMUNIDAD VALENCIANA
ANUAL
GISS-AOM_A1B
GISS-ER_A1B
INM-CM3.0_A1B
ECHO-G_A1B
MRI-CGCM2.3.2_A1B
CGCM3.1(T47)_A1B
CGCM3.1(T63)_A1B
BCCR-BCM2_0.A1B
CNRM-CM3.A1B
EGMAM.A1B
INGV-SINTEX-G.A1B
IPSL-CM4.A1B
MPI-ECHAM5/MPI-OM.A1B
CNCM33_0.A1B
DMIEH5_A1B
EGMAM2.A1B
HADGEM2.A1B
IPCMv4.A1B
MPECHA5C.A1B
GISS-ER_A2
INM-CM3.0_A2
ECHO-G_A2
MRI-CGCM2.3.2_A2
CGCM3.1(T47)_A2
GFDL-CM2.1_A2
CNRM-CM3.A2
EGMAM.A2
INGV-SINTEX-G.A2
IPSL-CM4.A2
MPI-ECHAM5/MPI-OM.A2
GISS-AOM_B1
GISS-ER_B1
INM-CM3.0_B1
ECHO-G_B1
MRI-CGCM2.3.2_B1
CGCM3.1(T47)_B1
CGCM3.1(T63)_B1
GFDL-CM2.1_B1
BCCR-BCM2_0.B1
CNRM-CM3.B1
EGMAM.B1
IPSL-CM4.B1
MPI-ECHAM5/MPI-OM.B1
EGMAM2.E1
HADGEM2.E1
IPCMv4.E1
MPEH5C.E1
Cambio de la temperatura mínima (ºC)
0
2
4
6
8
10
2000
2020
2040
2060
2080
2100
Año
© Agencia Estatal de Meteorología

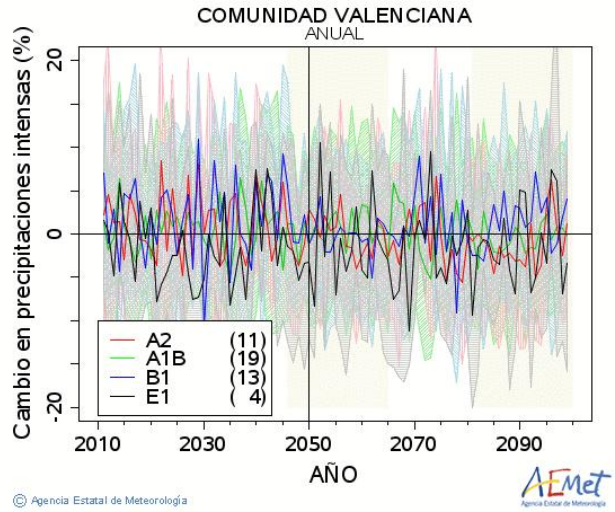

COMUNIDAD VALENCIANA
ANUAL
A2 (11)
A1B (19)
B1 (13)
E1 (4)
Cambio de la temperatura mínima (ºC)
0
2
4
6
8
10
2000
2020
2040
2060
2080
2100
Año
© Agencia Estatal de Meteorología

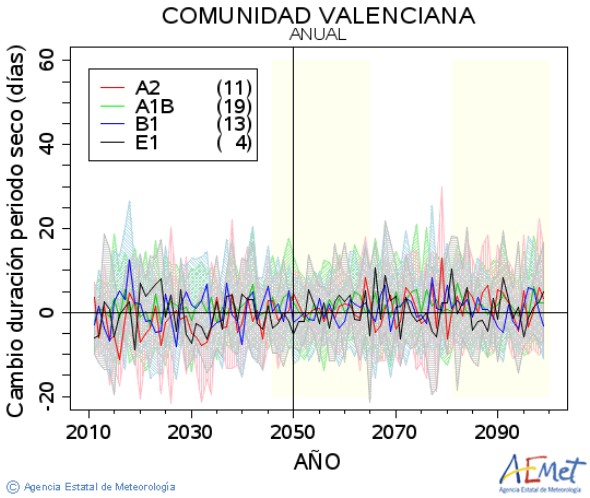

COMUNIDAD VALENCIANA
ANUAL
A2 (11)
A1B (19)
B1 (13)
E1 (4)
Cambio nº de dias de heladas
-60
-40
-20
0
20
2010
2030
2050
2070
2090
AÑO
© Agencia Estatal de Meteorología

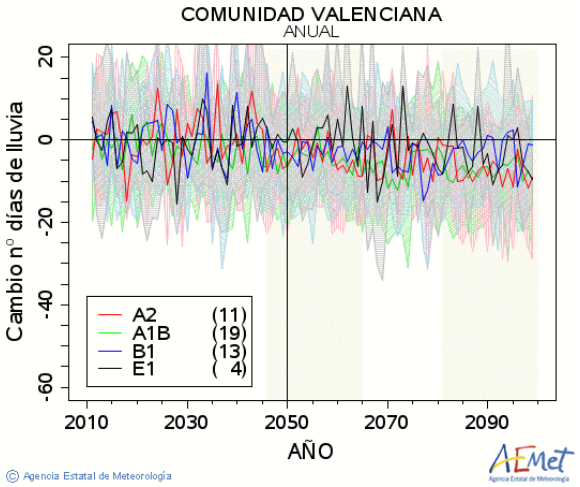


- Predicciones de cambios en las precipitaciones.









A continuación se incluyen también una síntesis respecto de los resultados proporcionados por el modelo ensamble respecto a distintos parámetros climáticos.

Los resultados que se reflejan en las tablas incluidas a continuación corresponden a la temperatura media (en ºC), la precipitación (en mm), la cantidad de agua evapotranspirada (en kg m-2) y la velocidad del viento (en m s-1); considerando dos escenarios representativos de evolución de las emisiones: A2 y B2. Estos cuadros resumen de forma esquemática las proyecciones de cambio más relevantes para cada variable, cada estación del año y cada escenario de emisiones, discriminando entre las diversas regiones de España en la medida en que lo permite la resolución del modelo.

a) Cambios en las temperaturas medias:

Estación	Escenario	Cambios proyectados para el periodo 2071-2100 respecto a 1961-1990
Invierno	A2	Aumentos de 2 a 3ºC en el oeste y norte de la Península e islas Canarias, y de 3 a 4ºC en el resto del territorio
	B2	Distribución del calentamiento similar a la del escenario A2, pero 1ºC menos intenso
Primavera	A2	Aumentos de 4 a 5ºC en el suroeste de la Península, de 2 a 3ºC en la franja cantábrica, norte de Galicia y Canarias, y de 3 a 4ºC en el resto del territorio
	B2	Aumentos de 1 a 2ºC en Canarias, franja cantábrica y norte de Galicia, y de 2 a 3ºC en el resto del territorio
Verano	A2	Aumentos de 5 a 7ºC en el interior de la Península, de 4 a 5ºC en la periferia peninsular y Baleares, y de 2 a 3ºC en Canarias
	B2	Distribución del calentamiento similar a la del escenario A2, pero generalmente 1ºC menos intenso
Otoño	A2	Aumentos de 2 a 3ºC en Canarias, de 3 a 4ºC en el tercio norte peninsular y de 4 a 5ºC en el resto del territorio
	B2	Distribución del calentamiento similar a la del escenario A2, pero generalmente 1ºC menos intenso

b) Cambios en las precipitaciones acumuladas:

Estación	Escenario	Cambios proyectados para el periodo 2071-2100 respecto a 1961-1990
Invierno	A2	Aumentos superiores a 10 mm en el cuadrante noroeste de la Península, disminuciones superiores a 10 mm en el tercio meridional y regiones mediterráneas peninsulares, y sin cambios apreciables (±10 mm) en el resto del territorio
	B2	Aumentos superiores a 10 mm en el norte de Galicia y sin cambios apreciables (±10 mm) en el resto del territorio
Primavera	A2	Disminuciones superiores a 20 mm en casi toda la Península y sin cambios apreciables (±10 mm) en Baleares y Canarias
	B2	Disminuciones superiores a 10 mm en casi toda la Península y sin cambios apreciables (±10 mm) en Baleares y Canarias
Verano	A2	Disminuciones superiores a 40 mm en el norte de Galicia, franja cantábrica Pirineos y noreste de la Península, disminuciones entre 10 y 40 mm en el resto del territorio, excepto en Canarias sin cambios apreciables (±10 mm)
	B2	Distribución de los cambios de precipitación estacional similar a la del escenario A2
Otoño	A2	Aumentos superiores a 10 mm en el noreste de la Península, disminuciones superiores a 20 mm en la mitad suroccidental, y sin cambios apreciables (±10 mm) en el resto del territorio
	B2	Distribución de los cambios similar a la del escenario A2, aunque algo menos intensos en la mitad suroccidental de la Península

c) Cambios en la evapotranspiración en (%):

Estación	Escenario	Cambios proyectados para el periodo 2071-2100 respecto a 1961-1990
Invierno	A2	Aumentos inferiores al 20% en casi todo el territorio
	B2	Aumentos inferiores al 20% en casi todo el territorio
Primavera	A2	Aumentos superiores al 20% en la mayor parte del cuadrante noroeste de la Península y los Pirineos, aumentos inferiores al 20% en el resto de la mitad norte, y disminuciones menores al 20% en el resto del territorio
	B2	Aumentos superiores al 20% en Galicia, e inferiores al 20% en el casi todo el resto del territorio
Verano	A2	Disminuciones superiores al 20% en el tercio sur de la Península, inferiores al 20% en el centro y Baleares, y aumentos inferiores al 20% en el tercio norte peninsular
	B2	Distribución de los cambios similar a la del escenario A2, pero menos intensos en el tercio meridional de la Península
Otoño	A2	Aumentos inferiores al 20% en el tercio norte de la Península y norte de Levante, disminuciones superiores al 20% en el tercio sur de la Península y disminuciones menores al 20% en el resto del territorio
	B2	Distribución de los cambios de evapotranspiración estacional similar a la del escenario A2

d) Cambios en la intensidad del viento (en %):

Estación	Escenario	Cambios proyectados para el periodo 2071-2100 respecto a 1961-1990
Invierno	A2	Disminuciones superiores al 5% en la mitad sur de la Península y Baleares, aumentos superiores al 5% en Canarias y sin cambios apreciables (± 5%) en el resto del territorio
	B2	Aumentos superiores al 5% en Canarias y sin cambios apreciables (± 5%) en la mayor parte del resto del territorio
Primavera	A2	Aumentos superiores al 5% en Canarias y el estrecho de Gibraltar, disminuciones superiores al 5% en la franja cantábrica, interior de levante y Baleares, y sin cambios apreciables (±5%) en el resto del territorio
	B2	Sin cambios apreciables (± 5%) en todo el territorio
Verano	A2	Aumentos superiores al 5% en el centro y sureste de la Península, y sin cambios apreciables (± 5%) en la mayor parte del resto del territorio
	B2	Disminuciones superiores al 5% en la mayor parte de la Península y Baleares, y sin cambios apreciables (± 5%) en el tercio sur peninsular y Canarias
Otoño	A2	Disminuciones superiores al 10% en la franja cantábrica, noreste y levante de la Península, disminuciones de entre 5 y 10% en el resto del territorio, excepto en el tercio meridional de la Península y Canarias donde no hay cambios apreciables (± 5%)
	B2	Disminuciones superiores al 5% en el cuadrante noreste de la Península, franja cantábrica y Baleares, y sin cambios apreciables (± 5%) en el resto del territorio

La Agencia estatal de Meteorología proporciona asimismo en un documento del año 2009 denominado “Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España” más resultados de previsión para los parámetros considerados, con el interés en este caso de que adopta periodos temporales más parejos con los considerados en este documento para la construcción de los escenarios de evolución del sistema de l’Albufera.

La siguiente figura resume el cambio de temperatura máxima anual media para el período 2011-2040 respecto al período de control (1961-90) proporcionado por las proyecciones

regionalizadas utilizando diferentes modelos globales (HadCM3, CGCM2, ECHAM4-OPYC) y las diferentes técnicas de regionalización estadísticas (Anal_FIC, Anal_INM, SDSM). El escenario de emisión SRES (IPCC) común a todos los modelos es el A2, que es poco respetuoso con el medio ambiente en términos de emisiones y que puede calificarse de emisiones medias-altas.

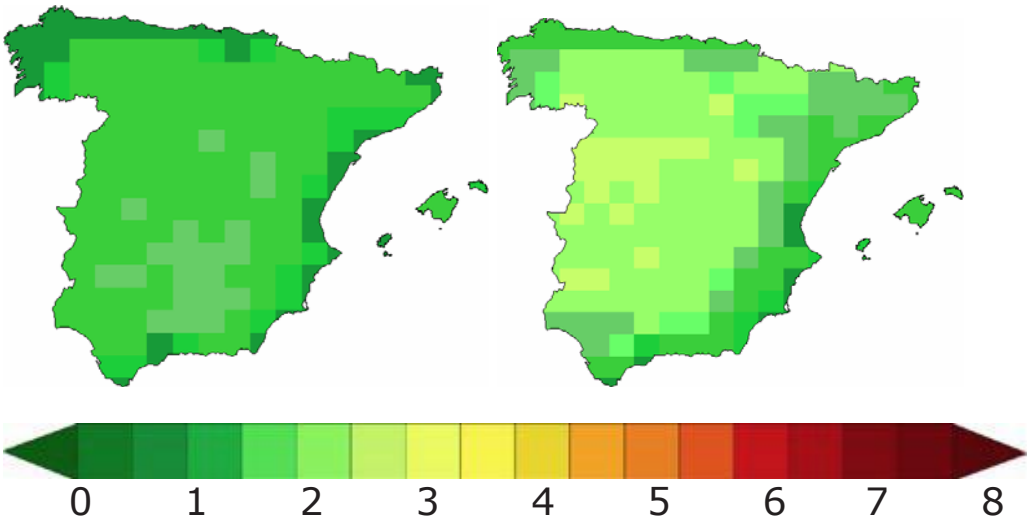


Fig. 57. Previsiones de variación de temperaturas medias (en ºC) para los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2011_2040. Fuente: AEMET.

Se observa que, para las proyecciones disponibles, la horquilla de variación se mueve entre 1 y 2ºC. Las mayores variaciones aparecen en el interior de la Península y son más moderadas en las regiones costeras, siendo de entre 1 y 2ºC en nuestro ámbito de estudio.

Las siguientes figuras muestran la variación para el periodo 2040-2070.

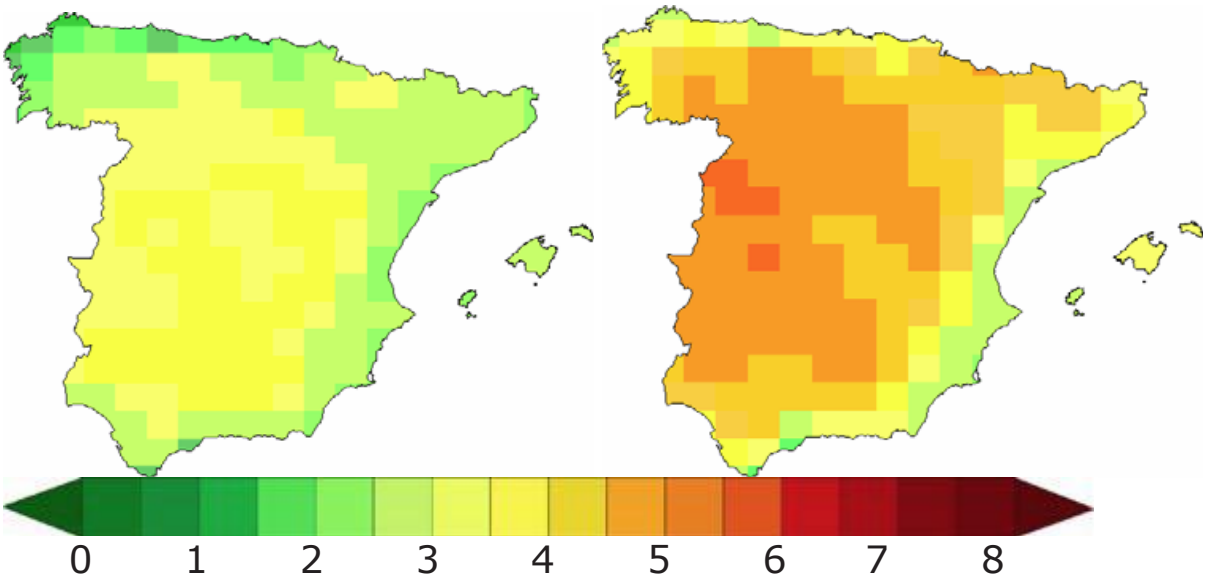


Fig. 58. Previsiones de variación de temperaturas medias (en ºC) para los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2041-2070. Fuente: AEMET

Para las proyecciones disponibles en este período la horquilla de variación se sitúa aproximadamente entre alrededor de 3 y 5ºC, siendo de entre 2 y 3ºC en nuestro ámbito territorial.

Y por último se incluyen las gráficas correspondientes al periodo 2071-2100.

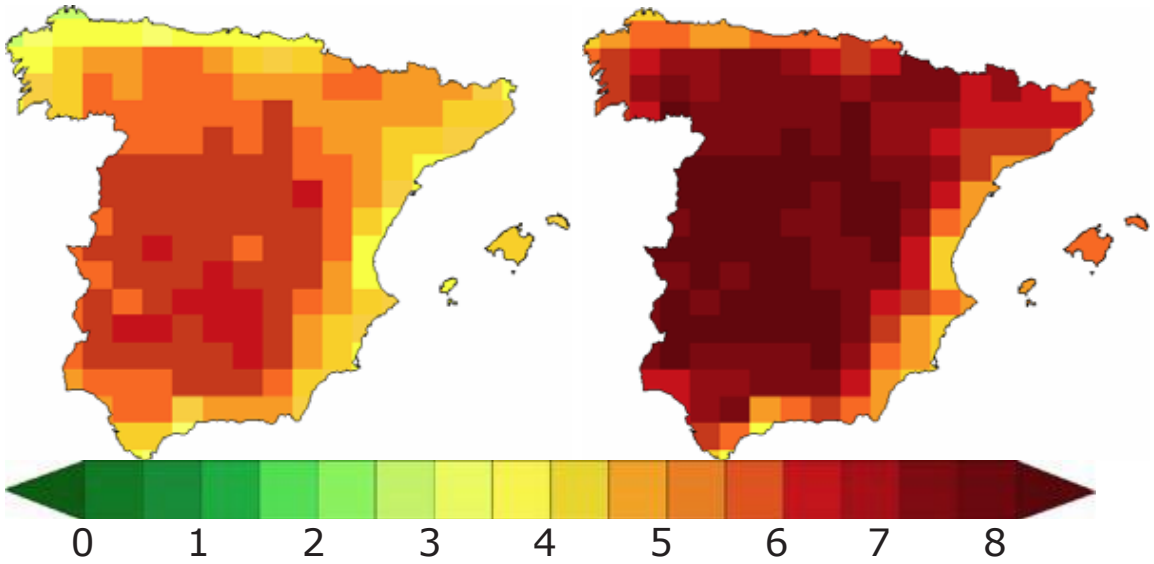


Fig. 59. Previsiones de variación de temperaturas medias (en ºC) para los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2071-2100. Fuente: AEMET

Las temperaturas máximas para este período 2071-2100 y este escenario de emisión A2 se sitúan entre aproximadamente 5 y 8ºC en las regiones interiores de la Península Ibérica y alrededor de 4ºC en nuestro ámbito de estudio territorial.

Se indica en el citado documento que la distribución anual del cambio de temperatura máxima no es igual para todos los meses. Se prevé un mayor aumento de las temperaturas máximas en los meses correspondientes al verano y un menor aumento en los meses invernales. Este comportamiento es común para otros períodos y otros modelos no mostrados aquí: los meses más cálidos son los que muestran mayores tendencias al calentamiento.

El cambio de temperatura mínima, al igual que el de la temperatura máxima, se representa en las siguientes figuras mediante comparaciones promediadas anual y mensualmente para tres períodos de 30 años que abarcan desde 2011 hasta 2100. Igualmente, la discusión se restringe al comportamiento de los valores medios tanto anuales como mensuales.

Las figuras siguientes resumen el cambio de temperatura mínima anual media para los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, respectivamente, con referencia al período de control (1961-90) proporcionado por las proyecciones regionalizadas utilizando diferentes modelos globales y diferentes técnicas de regionalización estadísticas. En comparación con las figuras correspondientes para el cambio de temperatura máxima (figuras 6.1-6.3) se notan valores inferiores en aproximadamente 2 grados para el último tercio del siglo XXI. Esto implica, por lo tanto, mayores oscilaciones térmicas diurnas debido al mayor incremento de la temperatura máxima y menor de la temperatura mínima.

Para el período 2071-2100, la horquilla de valores para el interior de la Península se sitúa aproximadamente entre 4º y 6ºC, y también para el mismo escenario de emisión medio-alto (A2).

Al igual que sucedía con el cambio de temperatura máxima, el de temperatura mínima muestra un marcado ciclo anual que es consistente para todos los modelos globales, técnicas de regionalización y escenarios de emisión.

Este documento incluye asimismo previsiones de evolución de las precipitaciones sobre el mismo horizonte temporal que el utilizado para las temperaturas y también sobre la base de los mismos escenarios de emisiones y modelos de análisis.

Se indica en el documento que en este caso la tendencia no es tan consistente como en el caso de la temperatura. Apuntan a una ligera reducción de la precipitación en la mitad occidental de la Península Ibérica y un ligero aumento en la mitad oriental, lo que estaría en contradicción con lo indicado en otros estudios. En el período siguiente (2041-2070) se mantendría según este estudio esta tendencia. Para el último tercio (2071-2100), la mayor información disponible les permitiría, según indican, establecer unas conclusiones algo más robustas. En primer lugar, hay que destacar el predominio de las zonas con reducción de la precipitación, siendo las regiones de la mitad sur de la Península Ibérica las que muestran un mayor grado de acuerdo para los distintos modelos y regionalizaciones. Destacan también que el promedio de los 9 modelos regionales incluidos en el programa PRUDENCE muestra una reducción de la precipitación anual media para toda la Península Ibérica.

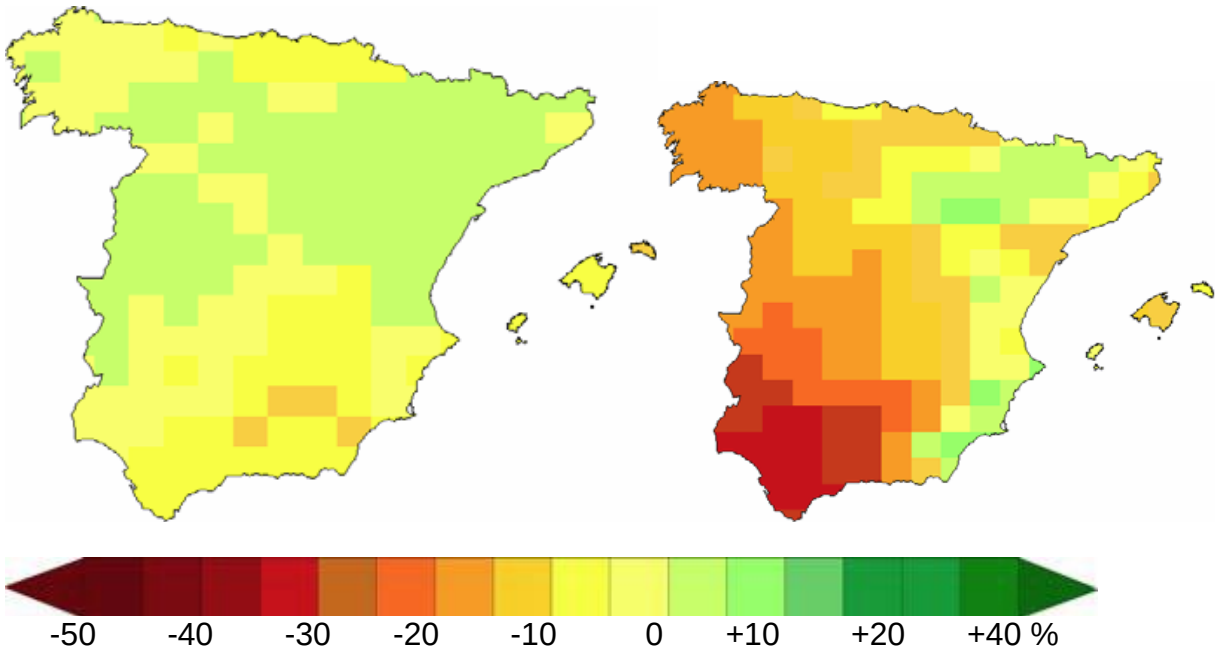


Fig. 60. Previsión de variación de la precipitación media en % proporcionada por los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2011_2040. Fuente: AEMET.

Para nuestro ámbito territorial se observa discrepancia entre ambos modelos, proporcionando el primero de ellos un incremento del 10% y el segundo una disminución de entre el 0 y el 10%.

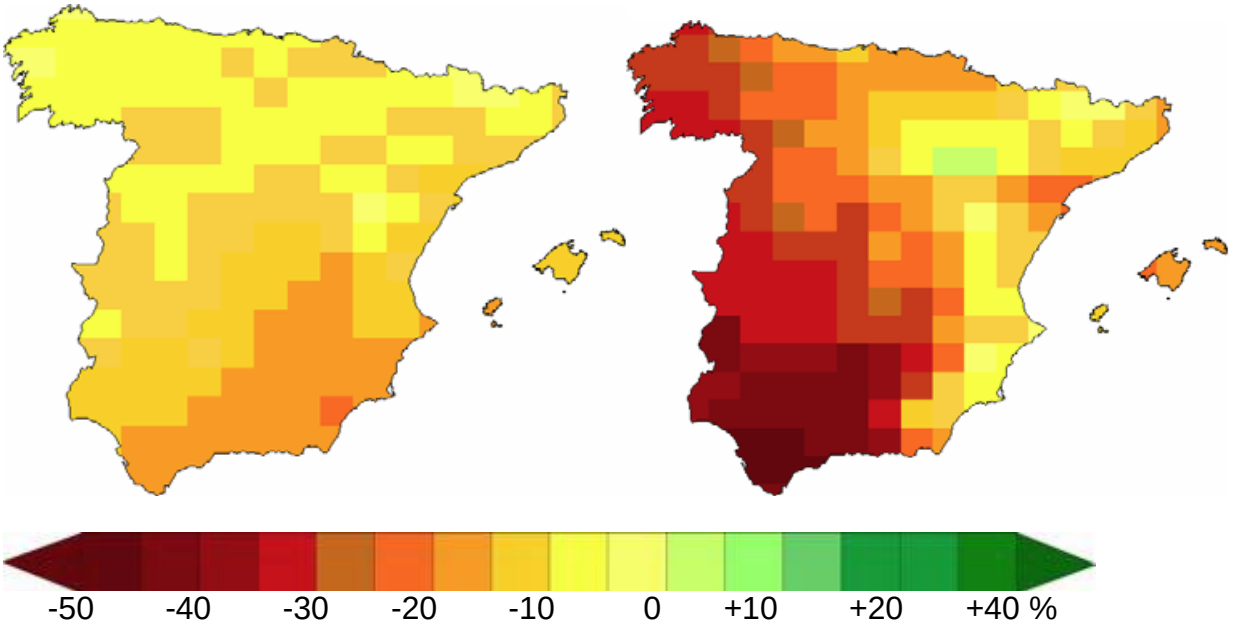


Fig. 61. Previsión de variación de la precipitación media en % proporcionada por los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2041_2070. Fuente: AEMET.

Para nuestro ámbito territorial se observa mayor concordancia entre ambos modelos, ya que ambos pronostican una disminución de la precipitación.

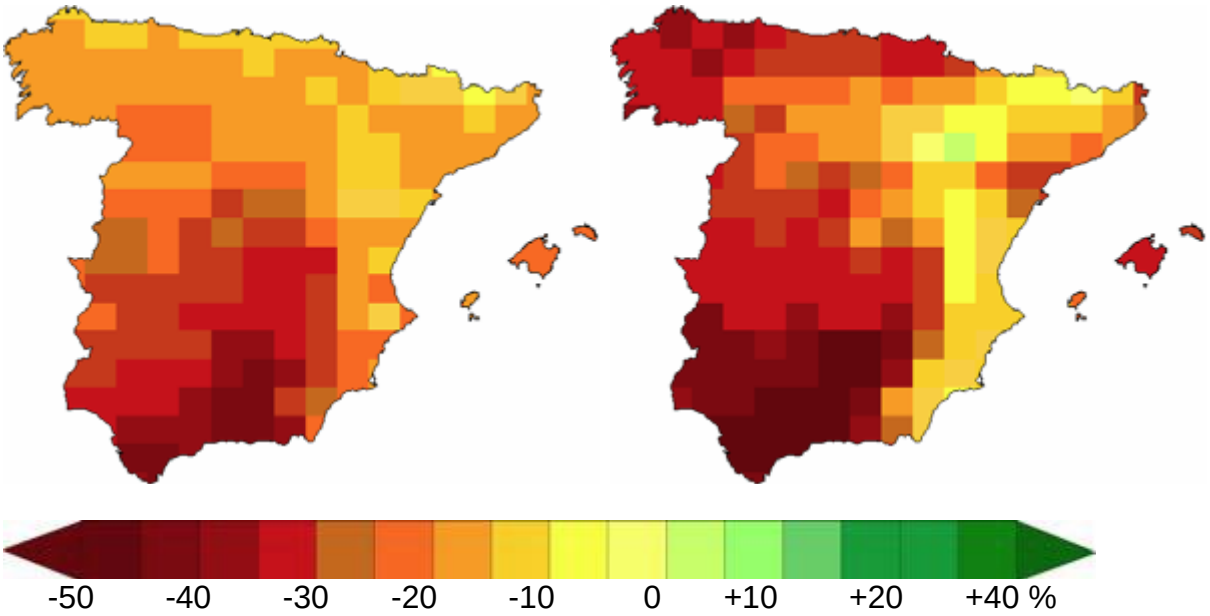


Fig. 62. Previsión de variación de la precipitación media en % proporcionada por los modelos CGCM2_A2_INM y ECHAM4_A2_INM para el periodo 2071_2100. Fuente: AEMET.

Para nuestro ámbito territorial se confirma la tendencia a la baja de la precipitación aunque discrepan en la cuantía. Mientras el primer modelo pronostica descensos de hasta el 20%, el segundo se movería alrededor del 10%, apreciándose asimismo que la disminución de precipitaciones es menor que en la mayor parte de España.

La distribución del cambio de precipitación a lo largo de los meses, al contrario de lo que sucedía con la temperatura, no muestra un claro patrón de comportamiento, lo que indica según los autores la relativamente baja fiabilidad de las proyecciones de esta variable. En este caso, se aprecia una tendencia a la reducción en los meses de primavera y verano.

Esta tendencia puede ser poco significativa en los meses estivales por las reducidas cantidades de precipitación, en términos absolutos, que se presentan ya en la actualidad en dichos meses.

A pesar de que los autores argumentan que algunas de las variables de superficie suministradas por los modelos —singularmente las asociadas al ciclo del agua— carecen de una fiabilidad suficiente para que sus estimaciones puedan ser útiles, se han incluido en el documento referido y lo mismo hacemos nosotros en este estudio a efectos de tener una referencia de la evolución de estas variables que revisten interés sobre todo por su afección al ciclo del agua, de fundamental importancia en nuestros objetivos.

Así se pronostica una reducción generalizada en la humedad relativa que es consistente con el aumento en las temperaturas previsto. La tendencia a la reducción de la nubosidad es general para todas las regiones y épocas del año con la excepción del NO de la Península y solamente en los meses invernales. Existe bastante consistencia con la distribución de la precipitación que también aumenta en dicha zona y época del año. La desviación típica de la nubosidad es claramente mayor en los meses estivales posiblemente debido al origen convectivo de la nubosidad y a las mayores discrepancias intermodelo para este tipo de procesos.

Un parámetro que reviste especial interés para nosotros es el aumento de la evapotranspiración que es consistente con el aumento de las temperaturas sobre todo en los meses de verano y con el incremento de las precipitaciones en el norte y noroeste en los meses invernales. Indican que en algunos meses y regiones la desviación típica puede llegar a ser del mismo orden que el cambio respecto al período de referencia 1961-1990.

6.4. Afecciones potenciales a la disponibilidad de recursos hídricos.

Sobre la base de estas líneas generales de evolución el informe de referencia prevé que los recursos hídricos sufran en España disminuciones importantes como consecuencia de los procesos de cambio climático. Es por ello que consideramos de interés reproducir aquí tales previsiones, al tratarse obviamente de un factor crítico a la hora de configurar los escenarios de futuro.

Para el horizonte de 2030 indican que son previsibles disminuciones medias de aportaciones hídricas, en régimen natural, de entre un 5 y un 14%, mientras que para el 2060 se prevé una reducción global de los recursos hídricos del 17% como media en el conjunto de la Península Ibérica. La disminución de recursos puede superar el 20 a 22% para los escenarios previstos para final de siglo. Junto la disminución de los recursos se prevé un aumento de la variabilidad interanual de los mismos. El impacto se manifestaría más severamente en las cuencas del Guadiana, Canarias, Segura, Júcar, Guadalquivir, Sur y Baleares.

La tendencia de las precipitaciones en las cuencas hidrológicas españolas en las últimas décadas muestra una tendencia claramente descendente.

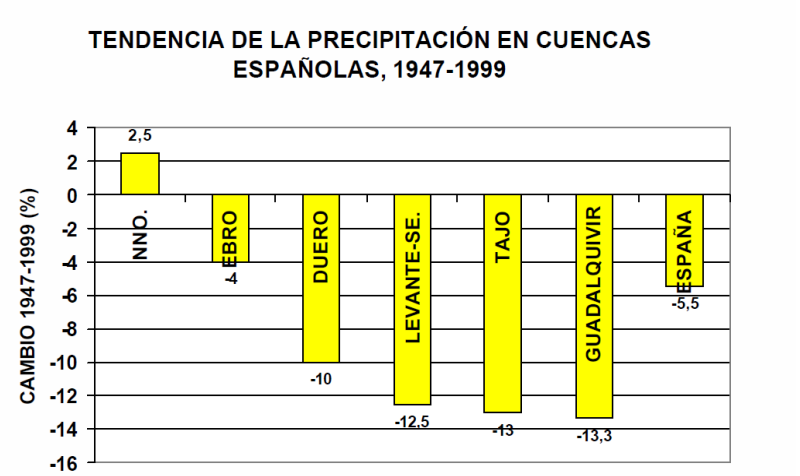


Fig. 63. Tendencias de precipitación en las cuencas hidrográficas españolas periodo 1947-1999. Fuente: Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*. 2005. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.

La Evolución previsible de la Aportación hídrica anual en las diversas cuencas hidrográficas peninsulares se muestra en el siguiente gráfico.

Fig. 64. Reducción de recursos prevista para las distintas cuencas para el año 2060. Fuente: Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*.2005. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.

Para esta proyección indican que, dado que no se dispone de escenarios mensuales de temperatura suficientemente fiables derivados de los modelos de Cambio Climático, se ha tomado la estimación de aumento de la temperatura media anual para el año 2060 de 2,5 ºC, homogénea para todo el país de acuerdo con un escenario elaborado por el Instituto Nacional de Meteorología en 1995, calculándose las evaporaciones mensuales de acuerdo con temperaturas y humedades relativas medias anuales y multiplicando por doce meses.

Otro parámetro a tomar en cuenta corresponde a la evapotranspiración, parámetro este clave también a la hora de determinar el balance hídrico de un territorio y la configuración de los sistemas acuáticos y las biocenosis en ellos existentes. A continuación se inserta

grafico proporcionado por el mismo autor respecto a las proyecciones de variación de la evapotranspiración en las distintas cuencas hidrográficas peninsulares.

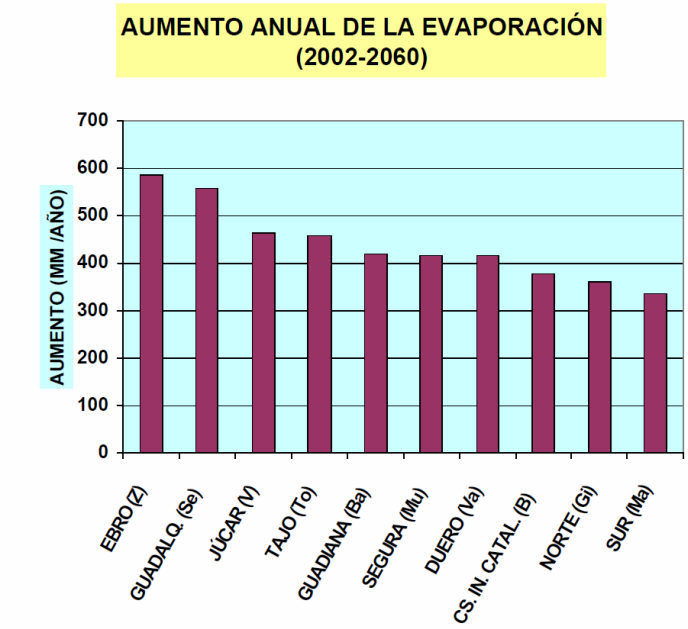


Fig. 65. Proyecciones de variación de la evapotranspiración en las distintas cuencas hidrográficas peninsulares Fuente: Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*.2005. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.

Asimismo, del mismo autor, se proporciona gráfico correspondiente al incremento porcentual de dicho parámetro.

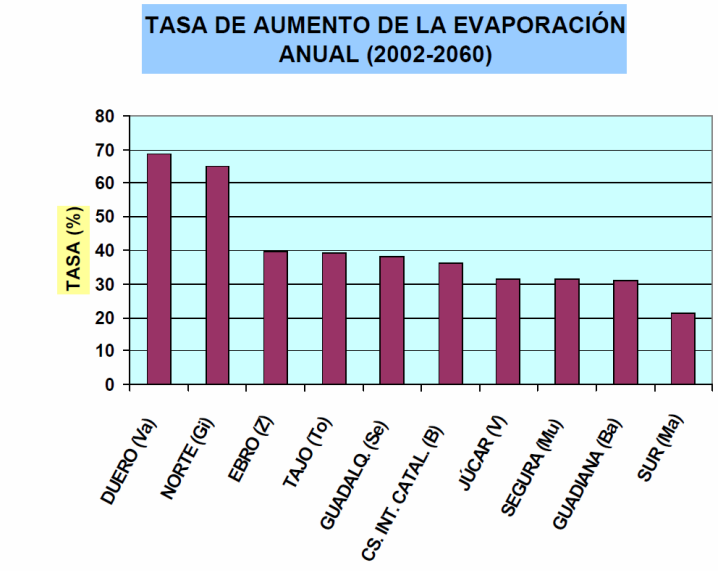


Fig. 66. Tasa de aumento de la evaporación anual para el periodo 2002-2060. Fuente: Tomado de Moreno Rodríguez, J.M. *et all*.2005, Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático.

El mismo autor, siguiendo a Margalef (Margalef, R.; 1983), plantea, sobre la base de estas proyecciones, que cabe prever afecciones crecientes a lo largo de este siglo tanto a los niveles como a la duración del ciclo húmedo, al ciclo térmico, a la termoclina (discontinuidad térmica que separa el epilimnion del hipolimnion), y, por supuesto, claros aumentos estructurales de la salinidad y disminuciones del O2 disuelto al disminuir la

cantidad de agua. Considera probable asimismo que, puntualmente, haya breves períodos muy húmedos y también, y mucho más probable, sequías más frecuentes, severas y progresivamente largas de acuerdo con la intensificación de extremos que caracteriza al cambio Climático.

Las desecaciones no son anormales en las lagunas de régimen pluvial como la de Gallocanta, con desecaciones en las décadas de 1940, 1950, 1980 y 1990, incluso estos procesos pueden aumentar su interés ecológico (Domínguez, A.; 1986). Pero parece apuntarse una tendencia que puede acabar haciendo raros los períodos con agua, suponiendo un cambio estructural de consecuencias sin duda negativas para la avifauna, que podría acabar abandonando estos ecosistemas.

Se trata esta de una afirmación sin duda genérica que debería contrastarse en mayor medida tomando en consideración la capacidad adaptativa de las distintas especies y del propio sistema en su conjunto.

A grandes rasgos puede decirse que el cambio climático, con el consiguiente aumento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones, causaría una disminución de las aportaciones hídricas y un aumento de la demanda de los sistemas de regadío. Sin embargo el impacto real dependerá del sistema de recursos hidráulicos disponible y del manejo del sistema.

La demanda y su estructura, el sistema y su manejo, son los factores exógenos y modificables que pueden permitir la corrección o adecuación del impacto causado. Sobre la demanda y su estructura caben acciones de optimización del uso del agua. Sobre el sistema y su manejo caben opciones de modificación o ampliación del sistema, o bien de mejora de su manejo mediante las operaciones apoyadas por las herramientas de la gestión.

6.5. Impacto genérico previsto de los procesos de cambio climático en los ecosistemas acuáticos continentales españoles.

Reseñamos aquí las previsiones genéricas que para los humedales españoles se recogen en el documento Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático, editado por el Ministerio de Medio Ambiente en 2005, documento que nos está sirviendo de referencia básica en este aspecto. Recogemos las conclusiones generales del mismo, omitiendo las múltiples referencias concretas a cada autor, remitiéndonos para ello al propio documento de síntesis. Sobre la base de estas previsiones generales podremos extrapolar posteriormente las líneas básicas de evolución del ecosistema de l'Albufera, objeto de estudio en este documento.

En líneas generales, se indica en este documento que con un alto nivel de certeza las predicciones apuntan a que el cambio climático hará que parte de los ecosistemas acuáticos continentales españoles (EACE) pasen de ser permanentes a estacionales y que algunos de ellos incluso desaparezcan. La biodiversidad de muchos de ellos se reducirá y sus ciclos biogeoquímicos se verán alterados. Indican que los ecosistemas más afectados serán: ambientes endorreicos, lagos, lagunas, ríos y arroyos de alta montaña (1600-2500 metros), humedales costeros y ambientes dependientes de las aguas subterráneas.

Los ambientes acuáticos españoles son extremadamente sensibles al clima porque la inmensa mayoría tiene un tiempo de residencia del agua reducido y, por tanto, depende de la precipitación anual o, incluso, de la estacional. Los niveles y caudales de la mayoría de ríos, lagos, embalses y humedales se vinculan a la precipitación a corto plazo de modo muy directo.

Obviamente, la temperatura del aire también condiciona los sistemas acuáticos a través de su influencia directa en la temperatura del agua que, a su vez afecta a los procesos metabólicos y biogeoquímicos que suceden en los ecosistemas acuáticos. Se esperan aumentos de la temperatura media del aire, probablemente más significativos en los meses fríos y en las noches que en los meses cálidos y durante el día. Por tanto, se producirá un incremento de la temperatura del agua, quizá alargando el periodo otoñal de actividad biológica. En cualquier caso, cabe esperar modificaciones de las tasas de los procesos biogeoquímicos y metabólicos, lo cual eventualmente podría redundar en cambios en la estructura de las comunidades biológicas. Es previsible que la estratificación de los lagos se prolongue durante más tiempo a lo largo del año.

Los cambios en la transpiración de la vegetación terrestre, incluyendo los cultivos, tendrán incidencia sobre la disponibilidad del agua en las cuencas hidrográficas.

Se indica asimismo que las tendencias generales más verosímiles de la pluviosidad futura son de dos tipos: disminuciones de los promedios y aumento de la variabilidad, si bien puede haber variaciones geográficas relevantes. Ambos fenómenos tienen importantes consecuencias sobre la disponibilidad de agua para los ecosistemas acuáticos continentales porque, a largo plazo, podrían hacer desaparecer muchos de los que ahora son temporales y convertir en temporales algunos de los que ahora son permanentes. El aumento de la variabilidad en las precipitaciones determinará una mayor variabilidad en los caudales. Sin embargo, la incertidumbre estacional resulta aún elevada. La previsible reducción de la precipitación estival quizá no sea muy trascendente para los ecosistemas acuáticos continentales, ya que sus valores actuales son bajos. En cambio, las variaciones en invierno y primavera podrían ser determinantes para los ambientes propensos a la temporalidad.

En el caso de l’Albufera, encontramos que en su estado actual los aportes naturales de caudal provenientes de su cuenca únicamente se producen en episodios de precipitación intensa ligadas a situaciones de temporal de levante, los cuales se producen mayoritariamente en época otoñal. Se trata de aportes por tanto irregulares que sujetos a fuerte variabilidad en función de la evolución de los parámetros e precipitación. En este sentido al tratarse de un sistema que funciona en un régimen irregular su susceptibilidad a un incremento de la misma puede ser menor que en sistemas que reciben aportes regulares. Será por tanto un factor crítico la posible evolución en el régimen de las precipitaciones. Un aumento de la irregularidad y de la torrencialidad de las mismas, como apuntan la mayoría de previsiones afectaría al régimen hidrológico de la cuenca natural del humedal incrementando su variabilidad.

Asimismo, esta irregularidad afectaría al régimen de recarga de los acuíferos subterráneos de la Plana de Valencia que, como se ha descrito, desempeñan un papel fundamental en el sistema hidrológico de l’Albufera. Así el papel de “amortiguador” o tampón que juegan los acuíferos subterráneos equilibrando el sistema con sus aportes en épocas de menores

precipitaciones directas podría verse afectado, desplazándose el equilibrio hacia puntos de menor contenido hídrico.

Los caudales provenientes de los sistemas de riego del Júcar y el Turia, que en la actualidad constituyen los aportes mayoritarios del sistema sí pueden presentar mayor susceptibilidad a los cambios en los parámetros de precipitación, al depender de las precipitaciones de cabecera y al reducirse los sobrantes disponibles por aumento de las necesidades de riego derivadas de una mayor evapotranspiración.

En todo caso cabe no perder de vista que l'Albufera de Valencia es precisamente eso, una Albufera y por tanto originariamente ligada a la entrada de aguas marinas que constituían la masa acuática del lago y de su entorno de marjales. Es evidente que la posible entrada de caudales marinos no se vería afectada por las variaciones en el régimen de precipitación, sino que estaría relacionada con la topografía del humedal y con posibles variaciones en el nivel del mar. A su vez, se trata, como hemos reiterado, de un humedal cuyo sistema hidrológico se halla fuertemente antropizado y es completamente dependiente del manejo que se realice de los grandes sistemas de riego en el que se encuadra.

Aunque se analizarán en mayor detalle estas cuestiones en apartados específicos de este documento, tales premisas nos inducen a pensar que lo que los procesos de cambio climático pueden poner en cuestión es la supervivencia de l'Albufera en su configuración actual, pero no la del humedal como tal, dado que las características del mismo permitirían opciones de manejo que mitigarían las consecuencias de los procesos de cambio climático.

Estas consideraciones se refieren a la disponibilidad del recurso, pero habría que abordar también otro factor fundamental: la calidad del mismo. Cabe esperar que la calidad de este empeore al reducirse el efecto de la dilución por aumentos en la evapotranspiración y, secundariamente, por reducción de aportes. El aumento de la precipitación torrencial, asociado al cambio climático, podría también afectar a la calidad del agua de modo puntual. Se ha constatado que la precipitación excesiva (por encima de la media interanual) tras sequías prolongadas incrementa las concentraciones de sustancias en algunos humedales, como Las Tablas de Daimiel (Sánchez Carrillo y Álvarez Cobelas, 2001).

Se indica en este documento también que las reconstrucciones ambientales basadas en los registros estratigráficos del Holoceno resultan de interés, sobre todo las que se relacionan con el balance hídrico, como referencia de la posible evolución de los sistemas hidrológicos en determinadas situaciones climáticas similares a las previsibles en función de la evolución del clima derivada de los procesos de cambio climático. Las reconstrucciones realizadas muestran que, entre las áreas mediterráneas y atlánticas de España, existió un gradiente hidrológico durante el Holoceno similar al actual y que los ecosistemas de las zonas mediterráneas, en los que la disponibilidad hídrica fue siempre relativamente menor, reaccionaron más rápidamente a las fluctuaciones climáticas que los situados en las zonas de influencia atlántica.

A este respecto, estudios realizados en distintos humedales españoles muestran la extremada sensibilidad de los sistemas lacustres a las fluctuaciones debidas a las oscilaciones en el Atlántico Norte, como -por ejemplo- los ciclos de 1500 años encontrados

en Sanabria e incluso con teleconexiones mucho más alejadas, como puede ser el registro de las oscilaciones de El Niño en la laguna de Gallocanta.

Apenas hay estudios a escala estacional que analicen el impacto pasado o futuro de los cambios en la distribución anual de las precipitaciones. Sin embargo, existen indicaciones de que los cambios en la precipitación invernal han sido decisivos en el balance hídrico y sobre los cambios en las comunidades vegetales.

El clima de la Península Ibérica durante el Holoceno ha experimentado variaciones notables, particularmente en la pluviosidad, las cuales pudieran vincularse a los desplazamientos latitudinales y a cambios en la intensidad del anticiclón de las Azores y del frente polar. La heterogeneidad espacial que caracteriza los ecosistemas de la España actual ha estado presente durante los últimos 10.000 años, como atestiguan los registros polínicos en los sedimentos de los lagos. En general, los ambientes lacustres de influencia mediterránea han padecido oscilaciones más notables de los niveles hídricos, probablemente relacionadas con el balance hídrico estacional, que los de influencia atlántica.

6.6. Posibles efectos del cambio climático sobre el sistema Albufera de Valencia.

El citado estudio sobre los posibles efectos del cambio climático en España (Moreno Rodríguez, J.M. *et all*.; 2005) incluye una predicción muy genérica de los posibles efectos del cambio climático en el lago de l'Albufera y en las lagunas dunares (Mallades) existentes en la zona de restinga, en concreto aportan la siguiente tabla resumen:

	Cambios en la permanencia (temporal vs permanente)	*Cambios en el tamaño.*	*Cambios en los ciclos biogeoquímicos.*	*Cambios en la biota.*
Lago de l'Albufera	0	1	4	4
Lagunas dunares de la restinga (Mallades)	4	3	3	2

Tabla 13. Afecciones probables al lago de L'Albufera y a las lagunas dunares (Mallades) existentes en la zona de restinga relacionadas con el cambio climático. Dichas afecciones se caracterizan como inexistentes (0), escasas (1), apreciables (2), importantes (3) o muy importantes (4). (Tomado de Varios Autores. Informe de Evaluación del Impacto del Cambio Climático en España. Ministerio de Medio Ambiente. 2003).

No hay en el documento una referencia clara a la metodología que les lleva a estas conclusiones. En todo caso, como puede observarse, la predicción asume que no habrá cambios en la permanencia de la lámina de agua de la laguna de l'Albufera, aunque si cambios en su tamaño (aunque mínimos) y sobre todo cambios en los ciclos biogeoquímicos y en la biota. Aunque no precisan cuales son estos cambios cabe suponer que se corresponden con cambios en el nivel de salinidad del agua, que generaría cambios en la composición de la biota. Más adelante en este estudio abordaremos en mayor detalle la elaboración de escenarios de futuro para estas contingencias.

6.7. Variaciones en el nivel del mar y su posible repercusión en el sistema Albufera.

Este aspecto merece un análisis independiente en sí mismo. L'Albufera es un humedal costero modificado, una antigua laguna salobre, trasformada en laguna de agua dulce por

la intervención antrópica, dependiendo para su mantenimiento de los aportes de su cuenca vertiente y sobre todo de los excedentes de los sistemas de regadío para su mantenimiento. En origen se trataba de un sistema vinculado sustancialmente a la dinámica marina, por lo que su evolución quedaría vinculada a los cambios en dicha dinámica a consecuencia de los procesos de cambio climático. Pero la fuerte antropización del sistema ha roto hoy tal vínculo, puesto que la construcción de las golas artificiales y su regulación mediante compuertas rompió hace tiempo la dinámica natural de la conexión entre la laguna y el mar.

Genéricamente y siguiendo a Ayala-Carcedo (Hernández, M. y Ayala-Carcedo, F. J.; 1991), la elevación del nivel del mar es debida en su mayor parte a la dilatación térmica del agua por aumento de la temperatura del aire, y también a la fusión de casquetes y glaciares continentales por la misma causa.

En España, el análisis de la parte válida del registro del mareógrafo de Alicante, evidenciaba, como en muchas otras partes del mundo, una relación entre la elevación del nivel del mar y la temperatura del aire, siendo la subida media en el período 1970-1987 de aproximadamente 1,5 mm/año. Los datos disponibles para el período 1990-2000 indican una severa aceleración de la subida. En el caso de Alicante, en el entorno de los 6,5 mm/año. Dado que la década 1990-2000 ha sido la más calurosa del siglo XX, parece deducirse una respuesta no lineal de la subida.

Como analizaremos más detalladamente, la respuesta de un humedal costero a la elevación del nivel del mar varía bastante en función de su tipología, mientras para los de tipo deltaico como el Delta del Ebro puede suponer una grave amenaza para su supervivencia, para los de tipo marismal o albufereño como Doñana o L'Albufera puede suponer una posibilidad de rejuvenecimiento. El líneas generales cabe esperar que el litoral se reorganice lentamente de modo natural si hay cambios en el nivel del mar, reconfigurando con ello los humedales allí existentes.

El documento publicado por el Ministerio de Medio Ambiente titulado "Impactos en las costas Españolas por efecto del cambio climático" (Medina R. Et All.; 2004) prevé los siguientes efectos genéricos en las zonas costeras españolas:

Nivel del mar: A partir de los datos de los mareógrafos existentes a lo largo de la costa española se ha determinado que la tendencia actual de variación del nivel medio del mar en el litoral español es de 2.5-3,0 mm/año, por lo que extrapolando al año 2050, se tendría un ascenso del nivel medio de +0.125 a +0,150 m. Este valor se encuentra en la banda media de los contemplados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en su último informe, que establecen una variación del nivel del mar entorno de +0.15 m, con una banda de confianza entre +0.1m y +0.25 m..

Energía del oleaje: para la costa mediterránea no se observan cambios relevantes para la magnitud de energía del oleaje, aunque se han observados ligeros cambios en las direcciones predominantes de este. El régimen medio de viento y la marea meteorológica presentan una tendencia negativa pero de muy pequeña escala.

Efectos en playas: Los efectos más importantes que el cambio climático puede suponer en las playas se reduce básicamente a una variación en la cota de inundación y a un posible retroceso de la línea de costa. Con los datos disponibles se prevé un aumento de la cota

de inundación derivada del aumento del nivel del mar y de la altura de ola significante, que para la costa mediterránea se estima que puede alcanzar aproximadamente 20 cm. En cuanto al retroceso de la línea de costa se estima que este alcanzaría en la zona de la costa valenciana valores de entre 8 y 12m, siendo estos valores mayores cuanto más al sur. Este estudio indica su vez que si se toman en consideración las variaciones derivadas de la variación del flujo medio de energía, se prevén retrocesos en la costa contigua a l'Albufera de alrededor de 40 metros.

Otro aspecto a tomar en consideración es el retroceso de la línea de costa derivado de cambios en el transporte potencial en playas abiertas en equilibrio dinámico o en desequilibrio, como las contiguas a l'Albufera, sometidas a un transporte litoral muy activo. Para el caso de la zona mediterránea en general los resultados indican una reducción de las tasas de transporte potencial.

Así, en síntesis este estudio concluye que las repercusiones más destacadas del cambio climático en las zonas costeras españolas se relacionan con el posible ascenso del nivel medio del mar (nmm). Las proyecciones de los modelos varían entre 10 y 68 cm para final de siglo. Para finales de siglo es razonable esperar un aumento de 50 cm en el nmm, con 1 m como escenario más pesimista. Ante una subida generalizada del nmm las zonas más vulnerables son los deltas y playas confinadas o rigidizadas. Esto podría causar pérdidas de un número importante de playas, sobre todo en el Cantábrico. Buena parte de las zonas bajas costeras se inundarían (deltas del Ebro, Llobregat, Manga del Mar Menor, costa de Doñana). Aunque este informe no cita literalmente las playas situadas en la zona de restinga de l'Albufera, cabe presuponer que estas se verán de hecho también afectadas por estos procesos de cambio de nivel del mar, así como también puede verse afectada la dinámica hidráulica de las golas a través de las que actualmente se produce el drenaje al mar del sistema y también cabe esperar un desplazamiento significativo hacia el interior de la interfase salina, que intensificaría los procesos de salinización en el ámbito de l'Albufera.

7. Construcción de escenarios de futuro para el sistema de l'Albufera.

Abordamos ya en este apartado la construcción de escenarios de futuro que describan la posible evolución futura del sistema, teniendo en consideración el diagnóstico y el análisis de tendencias realizado en los apartados anteriores de este documento, a partir de los cuales nos proponemos proyectar la probable evolución a medio plazo del sistema.

La metodología utilizada para ello ya ha sido descrita anteriormente, en el correspondiente apartado de este estudio.

7.1. Caracterización de los escenarios de futuro.

Se construirán para el horizonte temporal elegido tres escenarios.

Para la construcción de los distintos escenarios se establece una metodología basada en el sistema de variables interrelacionadas y jerarquizadas descritas en el apartado anterior, con las que, a partir de los distintos valores atribuidos a las mismas, se conforman los tres escenarios propuestos.

Así se definen los siguientes escenarios de futuro:

- Escenario tendencial: Definiremos así aquel que construimos a partir de los valores más probables que tomarán las variables en el horizonte temporal considerado.

- Escenario adverso: Definiremos así aquel que construimos a partir de los valores más adversos, dentro de lo factible, que pueden tomar las variables de base para el escenario temporal considerado.

- Escenario cambios mínimos: Proyectamos en este caso un escenario a partir de unos valores de cambio de las variables menos diferenciados respecto de los actuales. Tendría a su vez la utilidad de servir de escenario de contraste respecto de los escenarios anteriores.

7.2. Evaluación de la situación actual de las variables y valores propuestos para el horizonte temporal del año 2050.

Se procede en este apartado a sintetizar los valores actuales para las variables definidas, sobre la base de la información incluida en apartados anteriores de este documento.

Variables directrices de cambio.

Clima.

El clima como hemos indicado es la variable determinante de la evolución del sistema. Su evolución determinará a su vez los valores que adoptarán la serie de variables subordinadas que tienen una dependencia estricta de esta.

En el apartado correspondiente se ha caracterizado el clima del ámbito de estudio. El clima actual en el ámbito de l'Albufera lo caracterizamos genéricamente como clima

mediterráneo típico, con inviernos suaves, veranos calurosos y precipitaciones escasas. Aunque ya se ha proporcionado los datos en otro apartado de este estudio, a modo de síntesis aportamos aquí los valores promedio que caracterizan el clima de la zona de estudio, correspondientes a la estación de Valencia y al periodo 1981-2010.

Tm ºC	Tmax ªC	Tmin ºC	P mm	Hr %
18,3	22,8	13,8	475	65

Tm: temperatura media.
Tmax: media de las máximas.
Tmmin: media de las mínimas.
P: precipitación media.
Hr: Humedad relativa media.

Dentro de esta variable consideramos los siguientes parámetros:

1. Temperatura.
2. Precipitación.
3. Evaporación.

Nivel del mar.

El nivel del mar es una variable esencial en la conformación de los escenarios, considerándola a efectos de este estudio una variable subordinada a los procesos climáticos, al depender de estos por estar vinculada en su mayor parte a la dilatación térmica del agua por aumento de la temperatura del aire, y también a la fusión de casquetes y glaciares continentales por la misma causa.

En las últimas décadas se ha constatado un incremento sostenido del nivel del mar En España, el análisis de la parte válida del registro del mareógrafo de Alicante muestra una subida media en el período 1970-1987 de aproximadamente 1,5 mm/año. Los datos disponibles para el período 1990-2000 indican una severa aceleración de la subida. En el caso de Alicante, en el entorno de los 6,5 mm/año. Se constata una respuesta no lineal de esta variable respecto a los factores climáticos.

Variables subordinadas.

Hidrología.

Consideramos a efectos de construcción de los escenarios la variable hidrológica como básicamente subordinada a los procesos de cambio climático, pues estos determinarán los valores de recursos disponibles en la cuenca y el nivel de evaporación, determinando con ello el funcionamiento básico del sistema.

Dentro de la variable hidrológica diferenciaremos dos sub-variables, a saber: balance hidrológico y calidad de los recursos. Aunque esta última variable no depende únicamente del clima, sino que se halla vinculada también a la actividad antrópica, en función del deterioro del recurso por los aportes de contaminantes provenientes de la actividad humana.

Balance hidrológico.

El sistema hidrológico de l'Albufera de Valencia, en su configuración actual, depende mayoritariamente de los aportes de recursos hídricos provenientes de los sistemas de regadío del Júcar y, en menor medida, del Turia. Para un año promedio, los caudales provenientes de escorrentía superficial que llegan al sistema de l'Albufera ascienden a 14,6 Hm^3, a lo que se añadirían 37,7 Hm^3 provenientes de la precipitación directa, 12 Hm^3 provenientes de escorrentías superficiales urbanas y 135 Hm^3 de aportes subterráneos, mientras que a través de los sistemas de riego del Júcar y el Turia se aportan al lago un total de 344,6 Hm^3. A ellos hay que añadir 6 Hm^3 de vertidos directos sin depurar y 15,6 procedentes de los sistemas de depuración que vierten sus efluentes al parque. El total de recursos aportados al sistema en el año promedio es de 566,4 Hm^3. El 64% por tanto de los aportes al sistema l'Albufera depende del manejo antrópico y están supeditados a los usos asignados a estos recursos.

Las salidas del sistema se realizan en su mayoría a través de las golas, que evacuan 417,7 Hm^3 (73 % del total) y están sujetas a regulación mediante compuertas. Del resto 27,1 Hm^3 (5%) corresponden a la evaporación directa del lago y 121,7 Hm^3 (21%) al consumo efectivo del arrozal.

Si consideramos exclusivamente los recursos aportados al lago de l'Albufera estos constituyen aproximadamente unos 294 Hm^3 de los cuales 218,1 provienen de aportes subterráneos y de retornos de riegos, mientras 38,2 provienen de escorrentías y vertidos depurados y sin depurar. La precipitación directa es de 37,7 Hm^3. Las salidas del lago tienen lugar mayoritariamente a través de la gola del Puchol por la que evacuan 266 Hm^3 al año, los 27,6 Hm^3 restantes se evaporan directamente. Consecuentemente el 90% del flujo de salida del lago se encuentra bajo regulación directa mediante las compuertas instaladas en la gola.

Es un sistema por tanto dependiente estrictamente del manejo hidráulico. Es por ello que, a la hora de establecer tendencias de evolución del sistema con el fin de configurar los escenarios, debe tomarse también en consideración el análisis de la posible evolución futura del manejo de los recursos asignados a cada uso existente en el espacio.

Calidad de los recursos.

La calidad de los recursos hídricos de l'Albufera es actualmente muy deficiente, pudiendo caracterizarse como un sistema con un alto grado de eutrofia, debido a la presencia excesiva de nutrientes y materia orgánica en sus aguas, procedentes de vertidos urbanos e industriales y de los procesos de contaminación difusa derivados de la actividad agrícola. También presenta altos contenidos de otras sustancias contaminantes como metales pesados y plaguicidas.

A este respecto juega un papel determinante la gran cantidad de lodos acumulados en el fondo del lago procedentes de los vertidos urbanos e industriales producidos a partir de los años 60 del siglo pasado. Estos lodos juegan un papel fundamental como reservorio de fósforo y nitrógeno, hasta el punto de que actualmente, tras las mejoras en la red de depuradoras, los mayores aportes de estos elementos al sistema se producen desde aquí y no por los aportes de las acequias, como ocurría anteriormente. También constituyen un reservorio de metales pesados.

Por otra parte cabe reseñar a este respecto otro factor determinante como es el desarrollo de los procesos de salinización por intrusión marina. Estos procesos han adquirido ya un notable desarrollo, siendo constatable en la actualidad la progresiva salinización de las aguas y los suelos en algunos ámbitos del sistema.

Variables dependientes.

Actividad agrícola.

Consideraremos la actividad agrícola a efectos de facilitar las proyecciones como una variable mixta, ya que por una parte la consideramos dependiente de la evolución climática y de sus variables subordinadas relacionadas con el nivel del mar y la disponibilidad y calidad de recursos hídricos.

Por otra parte se trata de una variable con un contenido propio dependiente de decisiones de tipo técnico y económico, relacionadas con las técnicas de cultivo y factores de rentabilidad económica.

La actividad agrícola en el ámbito del sistema Albufera se caracteriza en el momento actual por las siguientes características:

- Predominio del cultivo del arroz. La superficie dedicada al cultivo y la producción anual se ha mantenido prácticamente constante en las últimas décadas.

- Decaimiento de la rentabilidad del cultivo que ha ido disminuyendo progresivamente durante los últimos 50 años, siendo actualmente un cultivo cuya viabilidad depende totalmente de las subvenciones oficiales.

- Estructura de propiedad de la tierra mayoritariamente minifundista, con un 90% de las propiedades con superficie inferior a 5 ha, lo que impide la racionalización del cultivo, disminuyendo su rentabilidad. La mayor parte de la tierra está explotada en régimen de propiedad. De estos propietarios, aproximadamente el 50% tiene la agricultura como actividad principal.

- Precios actuales de la tierra arrozal en torno a los 25.000 euros por Hectárea, con tendencia a la baja.

- Población agraria con un alto grado de envejecimiento, el 60% tiene más de 55 años.

- Reducción del uso de pesticidas peligrosos para el sistema por la prohibición por la Unión Europea de una serie de productos fitosanitarios tóxicos. Se ha mejorado en el control de las aportaciones de fertilizantes, pero aún se aportan cantidades significativas de nutrientes.

- Consumo medio de arroz en España en torno a 5,8 Kg por persona y año, con tendencia a la baja. La mayor parte de la producción se destina a la exportación, principalmente a países del sur de Europa. Solo el 27% del arroz producido en l'Albufera se consume en la propia Comunidad Valenciana.

- Predominio en la cuenca vertiente del cultivo citrícola en las zonas de regadío, aunque está siendo sustituido parcialmente por el cultivo del Kaki. En las zonas de secano los cultivos son predominantemente de cereal, olivo y vid. Estos últimos tienen escasa incidencia en el funcionamiento hidrológico del sistema Albufera.

Variables socioeconómicas.

Demografía.

El entorno de l'Albufera constituye actualmente una conurbación con una muy alta densidad de población, que forma un anillo alrededor del propio humedal y que repercute directamente en este, a través de las distintas actividades económicas y residenciales que se desarrollan a su alrededor. La población residente ha registrado un notable incremento en los últimos años, situándose en el año 2011 cerca de 1.100.000 habitantes.

Régimen de ocupación del territorio.

Tras un periodo de crecimiento intenso de la actividad edificatoria en el entorno del sistema, excluido el ámbito específico del Parque Natural, en el cual la normativa de protección vigente ha frenado el proceso dentro del mismo, en la actualidad, la crisis económica y el hundimiento del sector inmobiliario han frenado la expansión de suelo urbanizado, que en su momento se realizó mayoritariamente a costa de suelos agrícolas dedicados al cultivo de cítricos y de zonas dunares en el área de la restinga.

Actividad industrial.

La actividad industrial en el entorno del sistema de l'Albufera continua siendo relevante, aunque ha sufrido una fuerte disminución respecto a épocas anteriores.

Esta disminución ha afectado a los sectores de actividad tradicionales en esta zona como el mueble, el curtido y las galvanotecnias. Eran actividades de gran relevancia ambiental porque eran uno de los principales focos de contaminación del sistema, siendo la principal fuente de aportación de metales pesados. La incidencia de este sector de actividad en la calidad ambiental del sistema ha ido disminuyendo en los últimos años, debido a la desaparición de empresas y la progresiva implantación de sistemas de tratamiento y depuración de aguas residuales y de gestión de residuos generados por el sector. La factoría automovilística de Ford en la localidad de Almussafes constituye en la actualidad el principal núcleo de actividad industrial en la zona.

Actividades terciarias.

La actividad terciaria en el ámbito estricto del sistema Albufera se relaciona principalmente con las actividades turísticas y de ocio. Tras un crecimiento explosivo de este sector de actividad a partir de finales de los años 60, que conllevó como consecuencia un desarrollo urbanístico desordenado del frente litoral, la entrada en vigor de la normativa de ordenación del espacio natural protegido comportó un freno a tal actividad, manteniéndose ésta estacionaria desde entonces.

En la actualidad, la actividad turística se fundamenta básicamente en la explotación de los recursos de playa, que son intensivamente utilizados sobre todo en los meses de verano por la población del área metropolitana de Valencia, conllevando como efecto secundario un elevado volumen de desplazamientos en automóvil por la red viaria del espacio, siendo también significativo el nivel de población flotante existente por este motivo durante los meses estivales.

También es significativa la actividad vinculada a los establecimientos de restauración que, aunque presentan una actividad más o menos sostenida durante los fines de semana de todo el año, alcanzan su máximo en el periodo estival.

En el entorno del sistema cobra relevancia la actividad comercial, siendo significativa la concentración de estas actividades en el margen oeste de la denominada Pista de Silla, que alberga un número elevado de grandes superficies comerciales, que dada su proximidad a los límites del espacio natural suponen una fuerte incidencia en el mismo.

Variables objetivo o diana.

Comunidades biológicas.

La situación de las comunidades biológicas puede considerarse actualmente como alejada de su óptimo, aunque presenta una tendencia sostenida a la mejora en los últimos años, en concordancia con la mejora de los factores ambientales que la condicionan.

Sigue sin recuperarse la vegetación acuática original existente en el sistema hasta los años 70, formada mayoritariamente por macrófitos sumergidos dulceacuícolas, esencial para el buen funcionamiento de la cadena trófica, excesivamente escorada actualmente hacia los recursos proporcionados por el arrozal, hasta el punto de que son muchos los autores que acaban aceptando como natural la actual dependencia de la fauna de los recursos proporcionados por aquel.

Se mantienen las formaciones forestales del entorno del lago, sobre todo las existentes en la zona de restinga, que aunque han sufrido algunos incendios en los últimos años mantiene una cobertura similar a épocas anteriores. La vegetación dunar se mantiene estable, una vez frenadas las agresiones sufridas a partir de los años 60 del siglo pasado, por los procesos de urbanización litoral desarrollados en la zona.

Las poblaciones de avifauna presentan una mejoría significativa en los últimos años, sobre todo en los contingentes nidificantes, habiendo aumentado significativamente el volumen de dichas poblaciones para la mayoría de las especies representadas en el humedal. Incluso vuelven a habitar la zona algunas especies que habían desaparecido en años anteriores.

Síntesis escenario de base.

Resumiendo los análisis anteriormente expuestos cabe concluir que el escenario de base lo constituye un sistema de humedal que actualmente se encuentra fuertemente deteriorado y alejado de su equilibrio ecológico. Reiteramos aquí la afirmación de que el sistema de l'Albufera en la actualidad es un artefacto totalmente dependiente de la gestión antrópica de sus recursos, siendo inviable en la actualidad considerar una reversión de su

estado hacia parámetros más próximos al que sería un hipotético estado natural, contando además con la dificultad de fijar cuál sería su estado natural, dada su variabilidad evolutiva y su alto grado de intervención desde tiempos remotos.

La disponibilidad de recursos hidrológicos en el sistema ha evolucionado a la baja, ante la reducción de los recursos disponibles en la cuenca derivada de la reducción de las precipitaciones y las reasignaciones de usos en las últimas décadas. En cuanto a la calidad esta ha mejorado en general por la progresiva reducción de vertidos contaminantes a consecuencia de la implantación de instalaciones de tratamiento (EDAR) y la menor incidencia de las actividades desarrolladas en el entorno del sistema, aunque los niveles se encuentran todavía lejos del óptimo. L'Albufera es a día de hoy un lago hipertrófico en el fondo del cual se acumulan grandes cantidades de lodos que actúan como reservorios de contaminantes. Asimismo se constata un incremento de los procesos de salinización, tanto de los recursos hídricos superficiales y subterráneos como de los suelos en contacto con estos.

La actividad agrícola, centrada en el cultivo del arroz, es actualmente totalmente dependiente de las subvenciones públicas para su supervivencia y encuentra dificultades para colocar su producción a precios adecuados. Los niveles de producción se mantienen estables. La actividad agrícola ha perdido su carácter cultural tradicional y ha dejado de marcar impronta en los modos de vida de la sociedad de su entorno.

La Albufera es un sistema fuertemente urbanizado en su entorno, con altos niveles de actividad industrial y terciaria. En las décadas prodigiosas de la actividad urbanizadora, las de 1990 a 2010, se produjo un fuerte incremento del suelo sellado en los municipios que forman el entorno del humedal. Este último, en general, se mantuvo al margen de la presión, salvo algunas actuaciones puntuales en el frente litoral. El régimen de protección del espacio natural vigente desde finales de los 80, fue el responsable de esta salvaguarda. Como contrapartida, se ha producido una reducción progresiva de la implantación de actividades industriales en el entorno, como resultado de la crisis del sector, lo que ha contribuido a reducir los vertidos contaminantes al sistema.

7.3. Análisis de tendencias futuras de las variables.

Una vez caracterizado el escenario de partida, se procede en base a la información detallada en los correspondientes apartados de este documento a analizar las tendencias de futuro de las variables consideradas, sintetizando aquí su posible configuración para el horizonte temporal elegido.

Variables directrices de cambio.

Clima.

Dentro de las variables climáticas diferenciamos los siguientes parámetros.

Temperatura:

Las tendencias constatadas en los últimos años indican un incremento significativo de las temperaturas, más notorio en las mínimas. En el periodo 1976-1999 el incremento de temperatura media anual para la estación de Valencia ha sido de 0,3ºC/década.

Las tendencias del clima futuro dependen de los escenarios de emisiones que se contemplen y varían según los modelos generales de clima utilizados. El incremento térmico que se proyecta para la Península Ibérica según se utilicen escenarios más o menos favorables (menos o más emisiones, respectivamente) es uniforme a lo largo del siglo XXI, con una tendencia media de 0,4 ºC/década en invierno y de 0,7 ºC/década en verano para el escenario menos favorable (A2 según el IPCC), y de 0,4 ºC y 0,6 ºC/década, respectivamente, para el escenario más favorable (B2 del IPCC).

En base a ello se proponen los siguientes valores para los distintos escenarios.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Asumimos para este escenario los valores de cambio de temperaturas correspondientes al escenario de emisiones B2 del IPCC. Se estima un cambio en la temperatura media del invierno de 1,6 y de 2,4ºC para el verano, lo que situaría el valor promedio anual de temperatura entre 1,3 y 2,3ºC por encima del actual, acercándolo a los 20ºC. Los valores estacionalizados previstos para este escenario serían:

- Invierno: incremento de entre 1,3 a 2 ºC.
- Primavera: incremento de entre 1,3 a 2 ºC.
- Verano: incremento de entre 2 a 2.7 ºC.
- Otoño: incremento de entre 2 a 2.7 ºC.

Cabe indicar que con estos valores de temperatura y con los de precipitación el clima de la zona podría clasificarse según la escala de Köppen como semiárido cálido, equivalente al ahora existente en la zona de Almería o Marrakech.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Asumiremos para este escenario los valores correspondientes al escenario A2 del IPCC. En consecuencia cabe esperar un incremento de la temperatura media de 1.6ºC en invierno y de 2.8ºC en verano, lo que supone un incremento del promedio anual de entre 2,3 y 3ºC, superando así con certeza el nivel de los 20ºC de promedio anual. Los valores estacionalizados previstos para este escenario serían:

- Invierno: incremento de entre 2 a 2,7 ºC.
- Primavera: incremento de entre 2 a 2,7 ºC.
- Verano: incremento de entre 2,7 a 3,3 ºC.
- Otoño: incremento de entre 2,7 a 3,3 ºC.

Estaríamos a su vez ante un clima semiárido cálido, dependiendo el nivel de aridez del descenso que sufran las precipitaciones, cuyos valores analizamos en el correspondiente apartado.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Para este escenario, que hay que indicar que se basa en valores climáticos no respaldados por las proyecciones del IPCC, ya que este en ninguno de sus escenarios de emisiones contempla valores de incremento de la temperatura tan reducidos. No obstante se adoptan estos valores a modo de contraste para los anteriores escenarios. Proponemos en este caso un incremento de la temperatura media del orden de 1ºC, repartido de forma también desigual a lo largo del año, con un mayor incremento en verano y otoño respecto a la primavera y verano.

Precipitación:

Por lo que respecta a las precipitaciones, las tendencias de cambio a lo largo del siglo no son por lo general uniformes, con notables discrepancias entre los modelos globales, lo que resta fiabilidad al resultado. No obstante, todos ellos coinciden en una reducción significativa de las precipitaciones totales anuales, algo mayor en el escenario A2 que en el B2. Dichas reducciones resultan mayores en la primavera y algo menores en el verano. En el caso concreto de la Comunidad Valenciana casi un centenar de estaciones pluviométricas, avalan la reducción de la precipitación anual y un aumento de la variabilidad interanual durante el último período internacional (1961-1990), aunque con diferencias espaciales muy notables.

En base a ello se proponen los siguientes valores para los distintos escenarios.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Se asumen para este escenario los valores correspondientes al escenario B2 de emisiones del panel IPCC. Los datos se proporcionan estacionalizados y se obtienen a partir de la extrapolación para el año 2050 de los valores proporcionados en los estudios considerados para el periodo 2070-2100. Los valores son los siguientes:

- Invierno: Sin cambios.
- Primavera: Disminución en el entorno de 7 mm.
- Verano: Disminuciones de entre 7 y 27 mm.
- Otoño: Sin cambios.

En términos anuales se cuantificaría la disminución de las precipitaciones entre 14 y 34 mm, lo que dejaría el total anual entre 441 y 461 mm/año. Es importante considerar que aunque las variaciones en cuantía no son elevadas las previsiones son de una marcada irregularidad en la distribución temporal de las mismas, con mayor prevalencia de periodos extensos de sequía contrastados por episodios de precipitación torrencial.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Se asumen para este escenario los valores correspondientes al escenario A2 de emisiones del panel IPCC. Los datos se proporcionan estacionalizados y se obtienen a partir de la extrapolación para el año 2050 los valores proporcionados en los estudios considerados para el periodo 2070-2100. Los valores son los siguientes:

- Invierno: Disminución en el entorno de 7 mm.
- Primavera: Disminución en el entorno de 13 mm.
- Verano: Disminuciones de entre 7 y 27 mm.
- Otoño: Sin cambios.

En términos anuales se cuantificaría la disminución de las precipitaciones entre 27 y 47 mm, dejando el total anual entre 428 y 448 mm. En este caso las variaciones son más elevadas que en el escenario anterior, siendo asimismo también las previsiones en el sentido de una marcada irregularidad en la distribución temporal de las mismas, con mayor prevalencia de periodos extensos de sequía contrastados por episodios de precipitación torrencial.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Como hemos indicado mantenemos para este escenario arbitrariamente los totales anuales de precipitación en promedio en el entorno de los valores actuales, por lo que mantenemos unos valores de precipitación en el entorno de 475 mm anuales o ligeramente inferiores.

Evaporación.

Los valores disponibles de las proyecciones para la evaporación potencial muestran poca consistencia, aunque como tendencia general cabe considerar una tendencia al aumento de la misma, consecuentemente con el incremento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones previstas.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Para este escenario las previsiones correspondientes al escenario B2 de emisiones del IPCC consideran los siguientes valores estacionalizados:

- Invierno: Incremento del 13% respecto a valores actuales.
- Primavera: Incremento del 13% respecto a valores actuales.
- Verano: Disminución del 13% respecto a valores actuales.
- Otoño: Disminución del 13% respecto a valores actuales.

La disminución de los valores de evaporación que se asumen para el verano y el otoño en este escenario cabe entenderlas como derivadas de la disminución de la humedad ambiental en un ámbito territorial amplio siendo a su vez reflejo de la intensa aridez que se considera en esta situación. Sin embargo cabe considerar que para el ámbito estricto del sistema Albufera la evaporación se intensificará en las masas de agua, especialmente del lago. Si consideramos los valores de incremento de este parámetro previstos en algunos estudios para el ámbito de la cuenca del Júcar se estima para esta un valor tendencial de incremento de la evaporación de un 30% lo que se traduciría en un incremento de alrededor de 400 mm/año respecto a valores del año 2002, por lo que adoptaremos este valor como referencia para la configuración de este escenario.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Para este escenario adoptamos las previsiones correspondientes al escenario A2 de emisiones del IPCC. Para este se consideran los siguientes valores estacionalizados:

- Invierno: Incremento del 13% respecto a valores actuales.
- Primavera: Disminución del 13% respecto a valores actuales.
- Verano: Disminución del 13% respecto a valores actuales.
- Otoño: Disminución del 13% respecto a valores actuales.

Al igual que en el escenario anterior, la disminución de los valores de evaporación que en este caso se asumen para la primavera, el verano y el otoño cabe entenderlas como derivadas de la disminución de la humedad ambiental en un ámbito territorial amplio, debida a la propia disminución del agua disponible para evaporar. En el caso concreto del sistema Albufera cabe considerar que la evaporación en sus masas de agua se intensificará, principalmente en la zona del lago. Dado que consideramos en este caso un escenario de mayor temperatura que en el escenario anterior, debemos estimar una evaporación mayor, que podía situarse en valores un 40% superiores a los actuales.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Se asumen para este escenario valores de evaporación ligeramente superiores a los actuales.

Nivel del mar.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Adoptamos para este escenario el valor considerado más probable de elevación del nivel mar para el horizonte temporal del año 2050, que es una elevación de 0,15 m respecto a los valores correspondientes al año 2005.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Adoptamos para este escenario los valores más elevados dentro de la banda de confianza propuesta por el IPCC, que sería un valor de 0,25 m superior al actual (referencia año 2005).

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Consideramos para este escenario un valor de elevación conservador, que sería de +0,05 m respecto a la cota del año 2005, que sería el valor esperable con una tasa de elevación de 1,5 mm/año, que es el valor de elevación medio en el período 1970-1987, antes de la aceleración de los incrementos de temperatura a partir de los años 90 de siglo anterior.

Variables subordinadas.

Hidrología.

Consideramos a efectos de construcción de los escenarios de futuro la variable hidrológica como básicamente subordinada a los procesos de cambio climático, pues estos determinaran los valores de recursos disponibles en la cuenca y el nivel de evaporación, determinando con ello el funcionamiento básico del sistema.

Dentro de la variable hidrológica diferenciaremos dos sub-variables, a saber: volumen de recursos y calidad de los mismos. Aunque esta última variable no depende únicamente del clima, sino que se halla vinculada también a la actividad antrópica, en función del deterioro del recurso por los aportes de contaminantes provenientes de la actividad humana.

Balance hidrológico.

La tendencia de evolución de esta variable es claramente hacia una marcada disminución de los recursos hídricos aportados al sistema, en clara vinculación con la menor disponibilidad de recursos en la cuenca como consecuencia del cambio de las condiciones climáticas.

Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, la respuesta del sistema a las condiciones de sequía no es lineal, apreciándose en los años secos de las series recientes una drástica reducción de los recursos aportados. Ello se debe al alto grado de explotación del sistema, que provoca en estas situaciones una drástica disminución de los recursos aportados al lago, ya que estas son el resultado de una serie de procesos de umbral.

Ello dificulta en gran medida la proyección de valores a futuros, por lo que se ha optado por asumir en cierto modo la respuesta del sistema para los años secos como orientativa de una posible evolución.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Dado que los valores de precipitación previstos para este escenario se sitúan en el entorno de los 450 mm/año, siendo este un valor alejado de los 343 mm que es el valor de referencia para el año seco analizado, adoptaremos para este escenario un valor tendencial de disminución de los recursos generales disponibles en la cuenca de entre un 20 y un 25%, con un valor más probable del 22%. Consideraremos una reducción similar en los aportes finales al sistema del humedal y al lago, lo que situaría los recursos aportados en valores entre los 425 y los 450 Hm^3/año.

En cuanto a las salidas del sistema estas evidentemente se reducirán proporcionalmente a la reducción de los aportes, considerando en todo caso una modificación de la proporción entre las salidas, aumentando ligeramente las salidas por evaporación y el consumo del arrozal, aunque las salidas por las golas seguirán siendo mayoritarias (en el entorno del 70% para el conjunto del sistema y del 90% para el lago) con lo que se continuará teniendo control absoluto sobre estas mediante las infraestructuras de regulación existentes en las golas.

Consecuentemente se podrán mantener niveles de inundación del humedal similares a los actuales pero a costa de disminuir la tasa de renovación de los recursos en un valor acorde con la tasa de reducción de las aportaciones.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Adoptamos para este escenario los valores correspondientes al año más seco de las series recientes, en el que la precipitación se situó en el entorno de los 350 mm. Los aportes totales al sistema se situarían en el entorno de los 360 Hm^3/año, una reducción significativa, atribuible al carácter no lineal de la respuesta del sistema, por la existencia de umbrales.

En cuanto a las salidas del sistema estas evidentemente, como el caso anterior, se reducirán proporcionalmente a la reducción de los aportes, considerando en todo caso una modificación aun mayor de la proporción entre las salidas, aumentando ligeramente respecto al escenario anterior las salidas por evaporación y el consumo del arrozal (considerado por unidad de superficie, puesto que cabe tener en cuenta la reducción de la superficie de cultivo), aunque las salidas por las golas seguirán siendo mayoritarias (la estimamos en un 85% del total para el lago) con lo que se continuará teniendo un control absoluto sobre los niveles del sistema.

Como en el caso anterior, se mantendrán los niveles actuales de inundación del humedal, a costa de disminuir la tasa de renovación de los recursos en un valor acorde con la tasa de reducción de las aportaciones.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Estimamos para este escenario unos valores de aportación de recursos al sistema ligeramente superiores a las actuales, consecuencia del mantenimiento de un régimen pluviométrico similar al actual y de cambios en los usos agrícolas en la cuenca, que implicarían cambios a cultivos menos exigentes hídricamente y la implantación sistemática de tecnologías de riego más eficientes, lo que podría liberar recursos de la misma. Proyectamos así para este escenario un volumen de entradas al sistema que se situaría en el entorno de los 550 Hm^3/año.

Las salidas del sistema se producirían de modo similar al actual, predominando evidentemente las salidas por las golas, lo que permitirá, al igual que en los escenarios anteriores, seguir manteniendo una regulación similar a la actual.

Las tasas de renovación de la masa de agua del sistema serían por tanto similares a las actuales o ligeramente inferiores.

<u>Calidad de los recursos hídricos.</u>

Se estructuran a continuación las propuestas de evolución de esta variable para los tres escenarios considerados. Para cada uno de ellos se han desglosado tres subapartados a efectos de facilitar el análisis, pues son componentes que pueden considerarse por separado.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Procesos de Salinización.

A efectos de simplificar los parámetro definitorios del escenario, sin por ello comprometer la fidelidad de las condiciones de contorno, adoptaremos como criterio respecto a este parámetro que se producirá un grado de salinización susceptible de impedir el cultivo del arroz en todos los terrenos en el entorno del lago cuya cota, incluyendo el nivel de lámina de agua en fase de cultivo, se sitúe por debajo del valor del nivel del mar previsto para el escenario 1 en el horizonte temporal del año 2050.

Nivel de eutrofia.

Se prevé para este escenario niveles de eutrofia ligeramente inferiores a los actuales, ya que aunque se considera que disminuirán los aportes de materia orgánica y nutrientes provenientes de vertidos de aguas residuales urbanas e industriales, se mantendrá el aporte difuso proveniente de la actividad agrícola y el reservorio existente en el sedimento del lago mantendrá a su vez un aporte constante, por lo que no se espera en esta coyuntura una reducción significativa de los mismos.

Contenido en metales pesados y otras sustancias tóxicas.

Proyectamos en este aspecto una situación en la que el agua del lago tendría unos contenidos en metales pesados similares a los actuales o ligeramente inferiores. Consideramos para ello que se reducen los aportes de estos a través de los vertidos residuales directos por la implantación de sistemas de tratamiento y aumenta el grado de fijación los contenidos existentes en los lodos por el efecto de los aportes de sedimentos arcillosos que actúan como elementos de adsorción.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Procesos de salinización.

Al igual que en el escenario anterior, a efectos de simplificar los parámetro definitorios del escenario, sin por ello comprometer la fidelidad de las condiciones de contorno, adoptaremos como criterio respecto a este parámetro que se producirá un grado de salinización susceptible de impedir el cultivo del arroz en todos los terrenos en el entorno del lago cuya cota, incluyendo el nivel de lámina de agua en fase de cultivo, se sitúe por debajo del valor del nivel del mar previsto para el escenario 2 en el horizonte temporal del año 2050.

Nivel de eutrofia.

Se prevé para este escenario niveles de eutrofia ligeramente superiores a los actuales, ya que se considera para este escenario que no se eliminaran totalmente los aportes de materia orgánica y nutrientes provenientes de vertidos de aguas residuales urbanas e industriales y se mantendrá el aporte difuso proveniente de la actividad agrícola y el reservorio existente en el sedimento del lago mantendrá a su vez un aporte, por lo que se considera para este escenario una elevación de los niveles.

Contenido en metales pesados y otras sustancias tóxicas.

Proyectamos para este escenario unos contenidos en metales pesado algo superiores a los actuales, pues se considera para este que no se eliminan totalmente los vertidos de aguas residuales y los contenidos fijados en los lodos, en equilibrio dinámico con la fase acuosa mantiene su aportación.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Procesos de Salinización.

Al igual que en los casos anteriores, a efectos de simplificar los parámetro definitorios del escenario, sin por ello comprometer la fidelidad de las condiciones de contorno, adoptaremos como criterio respecto a este parámetro que se producirá un grado de salinización susceptible de impedir el cultivo del arroz en todos los terrenos en el entorno del lago cuya cota, incluyendo el nivel de lámina de agua en fase de cultivo, se sitúe por debajo del valor del nivel del mar previsto para el escenario 3 en el horizonte temporal del año 2050.

Nivel de eutrofia.

Se considera para este escenario una significativa disminución de los niveles de eutrofia del sistema a consecuencia de la completa implantación de sistemas de tratamiento en la cuenca vertiente, la aplicación de mejores técnicas de fertilización y la realización de actuaciones tendentes al dragado y retirada, aun parcial, de los lodos acumulados en el lago.

Metales pesados y otras sustancias tóxicas.

Para este escenario consideramos unos contenidos en metales pesados significativamente inferiores a los actuales, considerando para ello que se eliminan totalmente los aportes externos a través de vertidos y suponemos, como para el caso del parámetro de eutrofización, que se ha procedido a realizar operaciones de dragado parcial y retirada parcial de los lodos existentes en el fondo del lago.

Variables dependientes.

Actividad agrícola.

Se articulan, como en el caso de los parámetros anteriores, tres escenarios de futuro para esta actividad. Se proyecta la posible evolución de factores propios de desarrollo de esta actividad, como son los factores socioeconómicos del cultivo, que aunque pueden verse en parte influidos por la situación climática, tienen un componente ligado a las decisiones de política agraria y la propia gestión en la explotación de las propiedades. Consideramos a este respecto como tales la implantación de nuevos cultivos y técnicas y los factores relativos a la rentabilidad, vinculados con las políticas públicas y la evolución de los mercados.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Cultivos y régimen de explotación.

Para este escenario proyectamos una situación en la que se mantiene el cultivo del arroz en el ámbito de l'Albufera, aunque disminuyendo en parte su superficie consecuencia de los procesos de salinización de los suelos y los recursos hídricos. En el resto del arrozal se prevé una tendencia a la concentración de la propiedad, formando explotaciones de mayor tamaño. En la cuenca del sistema se prevé una sustitución progresiva de los cultivos de cítricos por cultivos de kaki (*Dyospiros kaki*) hasta alcanzar una proporción 50%/50% entre ellos y la implantación prácticamente total de sistemas de riego localizado en estos.

Evolución de los mercados del arroz y políticas agrarias UE.

Las tendencias actuales apuntan a una progresiva reducción de la demanda de arroz de las variedades cultivadas predominantemente en l'Albufera, debido a la disminución del consumo y la población. Se prevé en consecuencia una demanda que estimamos entre un 5% y un 10% inferior. En cuanto a las políticas agrarias de la Unión Europea y en concreto respecto al régimen de subvenciones prevemos para este horizonte temporal el mantenimiento de un régimen de subvenciones ligado al cultivo ecológico en cuantías equivalentes a las actuales. Se descarta para este escenario la entrada en cantidades significativas de arroz procedente de terceros países a precios inferiores a los del coste de producción en l'Albufera.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Cultivos y régimen de explotación.

Consecuentemente con el avance de los procesos de salinización y con la retirada del régimen de subvenciones de la política agraria común que contemplamos en el siguiente apartado para este escenario, se prevé el abandono del cultivo del arroz en una parte significativa del actual ámbito de cultivo y fundamentalmente en la zona de tancats en la que se abandonaría totalmente. En el resto de zonas en el que se mantenga se prevé una concentración de la propiedad con objeto de mantener la rentabilidad. En la cuenca se prevé la sustitución parcial del cultivo de naranja por el del kaki, aunque este no superaría el 30%. En un contexto desfavorable como es el contemplado en este escenario, se considera que la implantación de sistemas localizados de riego no será generalizada en todo el ámbito de la cuenca, lo que reducirá el ahorro de recursos derivada de estas actuaciones.

Evolución de los mercados del arroz y políticas agrarias UE.

Se prevé para este escenario un retroceso de la demanda del arroz de entre un 15 y un 20% respecto a la actualidad. En cuanto a la política agraria de la Unión Europea se prevé la retirada del régimen de ayudas a la agricultura, en un contexto de liberalización total del comercio mundial de productos agrarios y la progresiva retirada del régimen de ayudas a la agricultura, que quedaría estrictamente supeditada a su viabilidad económica. Consideramos asimismo probable que en estas condiciones se produzca la entrada de arroz procedente de países terceros a precios inferiores a los de coste de producción en el entorno de l'Albufera.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Cultivos y régimen de explotación.

Se prevé el mantenimiento de un régimen de cultivo del arroz similar al actual, aunque ocupando el arrozal superficies algo inferiores a las actuales, debido a los procesos de salinización que pueden afectar a una 1.000 ha de tancats, obligando al abandono de su cultivo. El régimen de propiedad se considera que será similar al actual o con un ligero incremento de la concentración de la misma. En cuanto a los cultivos de regadío en la cuenca se estima un incremento de la presencia de Kaki, hasta alcanzar superficies iguales que el naranjo, considerando asimismo una implantación mayoritaria de sistemas de riego localizado, lo que permitiría ahorros importantes de agua.

Evolución de los mercados del arroz y políticas agrarias UE.

Se proyecta para este escenario una demanda similar a la actual. En cuanto a la política agraria de la Unión europea se prevé un régimen más favorable que el actual, en cuanto que se plantea el incremento de las ayudas al cultivo ecológico del arroz que permitiría un desarrollo del cultivo más armónico con el entorno y una mejor integración del mismo.

Variables socioeconómicas.

Demografía.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

La demografía de las poblaciones en el entorno de l'Albufera presenta recientemente una tendencia general a la baja, aunque su incidencia es distinta en función de las localidades que se consideren. Sin embargo las proyecciones proporcionadas por el IVE apuntan a un incremento de población para el horizonte temporal del año 2035. En consecuencia adoptamos para este escenario un valor de incremento de población del 10% para las localidades del entorno de l'Albufera.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Se considera para este escenario un nivel de incremento de población superior al del escenario anterior, estimando un crecimiento de la misma superior a las proyecciones oficiales disponibles, que se situaría en torno al 15% respecto a la actualidad.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Se consideran para este escenario unos niveles de población algo superiores a los actuales, pero en menor medida que los anteriores. Estimamos un crecimiento de alrededor del 5% de la misma.

Régimen de ocupación del territorio.

Aunque las tendencias en este sector son difíciles de prever, consideramos que la actividad urbanizadora en el entorno del sistema se intensificará en función del crecimiento poblacional previsto. En todo caso consideramos una actividad urbanizadora de menor intensidad que la registrada en años recientes y que no afectará al ámbito estricto del humedal, dada la normativa de protección vigente al respecto, pero si a los entornos urbanos de su cuenca, donde se incrementará el suelo sellado respecto a los niveles actuales. No es descartable asimismo un aumento de la presión urbanizadora en el frente costero del sistema, consecuencia del incremento de la demanda turístico-residencial.

En consecuencia se plantean los siguientes escenarios para el horizonte temporal considerado.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Para el escenario tendencial consideramos un incremento de la actividad urbanizadora, consecuencia de los incrementos poblacionales, que implicará incrementos en la superficie sellada en el ámbito de la cuenca vertiente en torno al 5% respecto a los valores actuales.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Para este escenario consideramos una revitalización más intensa de la actividad urbanizadora, consecuencia de un mayor incremento de la población y de la revitalización de la actividad económica, sobre todo en el sector turístico, que presionará al alza la demanda de suelo. Aunque puede suponerse que perviva hasta entonces la normativa de protección, asumimos que pueda producirse un incremento del suelo sellado en el ámbito de la cuenca del sistema de un 10% respecto al actual.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Consideramos en este caso un crecimiento más moderado de la actividad urbanística, con una superficie de suelo sellado ligeramente superior a la actual, en todo caso con incrementos por debajo del 3%, puesto que aunque se estima un incremento poblacional se considera que pueden habilitarse otras alternativas urbanísticas para satisfacer la demanda.

Actividad industrial.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Para el escenario tendencial consideramos una coyuntura caracterizada por la relocalización de la actividad industrial, desplazándose esta hacia otros ámbitos más alejados de los tradicionales en el ámbito del área metropolitana de Valencia y continuando con el cambio progresivo de las tipologías de actividad desarrolladas, sustituyendo las actividades tradicionales por otras de menor impacto ambiental y mayor valor añadido. Prevemos que el núcleo principal de actividad industrial se continuará articulando en torno a la factoría de Ford en Almussafes. En todo caso contemplamos que la incidencia

ambiental de este sector sobre l'Albufera continuará disminuyendo, dado que la eliminación de las industrias tradicionales y la localización en nuevos polígonos que disponen de servicios e instalaciones de tratamiento adecuadas, reducirán el impacto ambiental derivado de estas actividades.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Para este escenario consideramos que la recuperación de la actividad industrial se produce en un contexto económico deteriorado que obliga a la reactivación de las actividades de bajo valor, que actualmente muestran una tendencia a la baja. Se produciría una recuperación parcial de la actividad en sectores tradicionales de bajo valor añadido, como el de los curtidos y las galvanotecnias, así como el mueble, que en un contexto económico de búsqueda de bajos costes se desarrollaría bajo estándares ambientales menos exigentes. En este contexto consideramos que se producirían vertidos procedentes de este sector al sistema del humedal, aunque no en los niveles que tenían en los años 60 y 70 del siglo pasado.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Considerado este escenario como de contraste, proyectamos para él un nivel de actividad similar al actual, aunque asumiendo un proceso de sustitución de los sectores tradicionales y considerando su relocalización hacia polígonos industriales adecuados. El nivel de incidencia sobre el conjunto del sistema derivado de este sector de actividad sería inferior al actual, asumiendo que no se producirán aportes de vertidos procedentes de estos sectores.

<u>Actividades terciarias.</u>

Se consideran para esta variable las siguientes tendencias, considerando cada uno de los escenarios de análisis previstos.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Consideramos para este escenario un nivel de actividad turística en la zona ligeramente superior, con un incremento en la utilización intensiva del frente litoral del sistema, sobre todo derivada de visitantes de un solo día. No se prevé un incremento sustancial de la oferta hotelera en el ámbito del parque natural. Se prevé a su vez un ligero incremento de las actividades turístico-recreativas en la naturaleza. Estas condiciones tendrán reflejo en un agravamiento de la problemática de la carretera del Saler, por la intensificación del tráfico que soporta la misma, con las consiguientes consecuencias ambientales.

Respecto de la actividad comercial prevemos la continuidad del proceso de tercerización del suelo de la zona en torno a la pista de Silla, con la instalación de nuevas grandes superficies comerciales y la intensificación del tráfico de acceso a la zona. Este mismo proceso puede producirse en otras zonas de la periferia del área metropolitana de Valencia.

- Escenario 2: Escenario adverso.

Se prevé una intensificación de la actividad turística en la zona, consecuencia de la situación de depresión económica asumida para este escenario que intensificaría la búsqueda de actividades económicas rentables alternativas. Consideramos por una parte que se producirá un incremento de las visitas de un solo día (usuarios de playa o de restaurantes en fin de semana) y un cierto incremento de la oferta hotelera y residencial a la búsqueda de mayor rentabilidad económica. Es previsible un incremento de la problemática de la carretera del Saler, que acentuará su impacto negativo en la zona y continuará generando un efecto barrera separando la zona de la restinga del área de marjal.

Al igual que en el escenario anterior se considera previsible un incremento de la actividad comercial en la zona de la pista de Silla y en otros ámbitos de la periferia del área metropolitana de Valencia.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Se considera para este escenario un nivel de actividad inferior al actual, fruto de una mejor regulación del mismo, por la cual se incentiva el desarrollo de esta actividad de forma integrada y respetuosa con el entorno en el que se ubican. Se prevé asimismo una solución para la carretera del Saler que permita disminuir el efecto barrera, permeabilizándola a la fauna.

La actividad comercial se mantiene en parámetros aceptables por una ordenación mejor de la zona del entorno de la pista de Silla, con una limitación de la apertura de nuevos centros y una racionalización de los accesos.

Variables objetivo o diana.

<u>Comunidades biológicas.</u>

Las tendencias de evolución de esta variable son evidentemente dependientes de la evolución del conjunto de parámetros anteriormente descritos. Resulta complejo condensar en pocas líneas la posible configuración de esta variable en un determinado horizonte temporal, dada la complejidad intrínseca de los sistemas biológicos y su fuerte variabilidad. No obstante es necesario establecer una síntesis en este sentido, con objeto de poder conformar la situación general del sistema para el horizonte temporal considerado.

En el análisis de cada escenario se discuten con mayor detalle los aspectos concretos derivados de la evolución de cada parámetro.

- Escenario 1: Escenario tendencial.

Respecto de la vegetación sumergida se descarta para este escenario la recuperación de las comunidades de macrófitos sumergidos, dado que los niveles de calidad del agua esperados no son suficientes para ello. Considerando el posible abandono parcial del cultivo del arroz en los tancats se prevé el incremento de áreas palustres, con una mayor extensión de la vegetación propia de las áreas de marjal.

Respecto de la vegetación terrestre consideramos probable para este escenario la reducción de las áreas de pinar en la zona de la restinga, debido a la reiteración de incendios forestales consecuencia del mayor nivel de sequedad. Sería sustituido por etapas seriales de matorral bajo y en las zonas arenosas del frente costero por vegetación dunar. Cabe recordar aquí, no obstante, que la mayor parte de las extensiones de pinar existentes en la zona de restinga no son naturales, correspondiendo a actuaciones de repoblación realizadas sobre todo en los años 50 y 60 del siglo pasado.

Respecto a las zonas dunares consideramos su reducción derivada de la elevación del nivel del mar y de la disminución de los aportes de arena en consecuencia de la situación de los últimos años derivada de la ejecución de infraestructuras portuarias que alteran la dinámica marina costera.

Respecto a la fauna consideramos para este escenario ciertas variaciones, pues el abandono parcial del cultivo en los tancats afectará a las fuentes de alimentación habituales para determinados grupos de avifauna vinculada al humedal, principalmente a las limícolas y ardeidas, que podrían ver reducidas tanto el número de individuos presentes como el número de especies. El grupo de las anátidas resultaría afectado en menor medida por este cambio en los tancats, incluso algunas especies concretas podrían verse favorecidas por una mayor extensión de zonas de marjal, ya que las formaciones de carrizal son particularmente favorables para la nidificación de estas especies.

En cuanto a la fauna piscícola no se esperan grandes variaciones en su composición y número, dado que no se espera una mejora significativa de en la calidad del agua y tampoco la recuperación de las formaciones vegetales sumergidas que proporcionan alimento a estas especies. No obstante el abandono parcial del cultivo en los tancats puede proporcionar una superficie adicional de lámina de agua libre que aumentaría la disponibilidad de hábitats para este grupo faunístico. Las especies vinculadas a las aguas limpias de los “ullals” sí podrían verse afectadas por posible reducción de caudal en estos, derivada del descenso de los niveles freáticos.

En cuanto a la fauna vinculada a otros ambientes del sistema de l’Albufera consideramos que los grupos ligados estrictamente a las formaciones de pinar verían reducida su presencia por la disminución de sus hábitats a causa de los incendios reiterados. Sin embargo ello afectaría a grupos muy concretos pues muchos de los habitantes actuales de este ecosistema son capaces de habitar las zonas de matorral con lo que podrían adaptarse fácilmente a la nueva situación resultante.

En cuanto a la herpetofauna no esperamos para este escenario grandes afecciones para las poblaciones de reptiles y sí a alguna incidencia para las de anfibios que pueden verse afectados por la disminución de la humedad ambiental, aunque es difícil precisar con exactitud su posible evolución.

- Escenario 2: Escenario adverso.

La coyuntura propuesta para este escenario es bastante similar a la del anterior aunque exacerbando algunos aspectos por la coyuntura más desfavorable considerada.

Al igual que en el caso anterior no se considera factible la recuperación de niveles de calidad suficiente en el agua como para recuperar la dinámica natural de este tipo de

ecosistema, lo que permitiría la recuperación de las comunidades de macrófitos sumergidos y otros grupos de vegetación propios de estos ambientes. Incluso se considera que el nivel de calidad será inferior al del escenario anterior.

Respecto de la vegetación terrestre consideramos para este escenario, como en el anterior una reducción muy significativa, incluso una desaparición total de las áreas de pinar en incluso de todo tipo de arbolado en la zona de la restinga, debido a la reiteración de incendios forestales consecuencia del mayor nivel de sequedad. Sería sustituido por etapas seriales de matorral bajo y en las zonas arenosas por vegetación dunar. Como se ha indicado, la mayor parte de las extensiones de pinar existentes en la zona de restinga no son naturales, correspondiendo a actuaciones de repoblación realizadas sobre todo en los años 50 y 60 del siglo pasado.

Respecto a las zonas dunares consideramos una reducción aun mayor, derivada de una mayor elevación del nivel del mar y de la disminución de los aportes de arena en consecuencia de la situación de los últimos años derivada de la ejecución de infraestructuras portuarias que alteran la dinámica marina costera.

En cuanto a la fauna, el grupo más representativo, que es el de las aves se verá afectado por los cambios sustanciales que se producirán en la zona de Tancats, ya que el abandono del cultivo en la totalidad de estos detraería zonas de alimentación para grupos como los limícolas y las ardeidas. El grupo de las anátidas se vería menos afectado e incluso puede verse favorecido por el incremento en la extensión de zonas de carrizal.

Como en el escenario anterior, respecto a la fauna piscícola tampoco se esperan grandes variaciones en su composición y número, dado que esperamos unos niveles de calidad ecológica en el lago deficientes que no permitirían recuperar las fuentes de alimentación naturales para estas especies. El abandono total del cultivo en los tancats puede resultar en cambio favorable, al incrementar la lámina de agua disponible, en el caso de que se optara por inundar estos permanentemente. Las especies vinculadas a las aguas limpias de los “ullals” se verían afectadas en mayor medida que en el escenario anterior, por una mayor reducción de caudal en estos, derivada del descenso de los niveles freáticos.

La fauna vinculada a otros ambientes del sistema de l’Albufera se vería afectada como en el escenario anterior por la reducción de las superficies de pinar, que se verían sustituidas por formaciones de matorral regresivo, resultando afectados aquellos grupos faunísticos vinculados estrictamente a las formaciones de pinar que verían reducida su presencia. Sin embargo ello afectaría a grupos muy concretos pues muchos de los habitantes actuales de este ecosistema son capaces de habitar las zonas de matorral con lo que podrían adaptarse fácilmente a la nueva situación resultante.

En cuanto a la herpetofauna no esperamos para este escenario grandes afecciones para las poblaciones de reptiles y sí a alguna incidencia para las de anfibios que pueden verse afectados por la disminución de la humedad ambiental y consecuentemente de las zonas de encharcamiento temporal.

- Escenario 3: Escenario cambio mínimo.

Para este escenario se asumen escasas variaciones en la composición de las comunidades vegetales y faunísticas del sistema, pues se ha asumido para este que no

hay grandes cambios en las condiciones de contorno del sistema. Consideramos en consecuencia que las poblaciones de avifauna mostrarán seguirán manteniendo la tendencia a la mejora que muestran en épocas recientes, alcanzado una situación de estabilidad.

No esperamos una recuperación de la dinámica natural de la laguna, pues los niveles de calidad e los recursos no serán adecuados para ello. En consecuencia no se considera para este escenario na recuperación de las poblaciones piscícolas en el lago.

En cuanto a la vegetación terrestre seria esperable una cierta reducción en las masas de pinar por la incidencia de incendios forestales, aunque no tan acusada como en los escenarios anteriores.

7.4. Configuración y análisis de los escenarios de futuro.

Escenario: Escenario1 o tendencial.

Horizonte temporal considerado: Año 2050.

Tipo de Escenario: tendencial.

Construimos este escenario como escenario tendencial, es decir, construido a partir de los valores más probables de las variables fundamentales adoptadas como referencia base para la construcción de los escenarios y relacionadas en apartados anteriores. Es, por tanto, el escenario de futuro más con más posibilidades de concretarse, por lo que reviste especial interés en cuanto al análisis de sus características y la adopción de las consecuentes políticas de gestión.

En base a las tendencias establecidas para cada variable en el apartado anterior, el escenario queda configurado por las siguientes condiciones de contorno:

Variables directrices.

Clima.

Todas las variaciones se entienden respecto a los valores actuales.

- Temperatura.

Temperatura media del invierno +1,6C.

Temperatura media del verano +2,4ºC.

Valor promedio anual entre 1,3 y 2,3ºC por encima del actual.

Valores estacionalizados:

  - Invierno: +1,3 a +2 ºC.
  - Primavera: +1,3 a +2 ºC.
  - Verano: +2 a +2.7 ºC.
  - Otoño: +2 a +2.7 ºC.

- Precipitación:

- Invierno: Sin cambios.
- Primavera: Disminución en el entorno de 7 mm.
- Verano: Disminuciones de entre 7 y 27 mm.
- Otoño: Sin cambios.

En términos anuales disminución de entre 14 y 34 mm, lo que dejaría el total anual entre 441 y 461 mm/año.

- Evaporación

Se estima para este escenario un incremento en los valores de evaporación del 30% respecto de los valores actuales.

Nivel del mar.

Elevación de 0,15 m respecto a valores actuales.

Balance hidrológico.

Disminución de los recursos generales disponibles en la cuenca de entre un 15 y un 20%.

Aporte directo de recursos al sistema cercanos a los 450 Hm3/año.

Las salidas del sistema se reducen proporcionalmente a los aportes, aumentando ligeramente las salidas por evaporación y el consumo del arrozal. Las salidas por las golas seguirán siendo cercanas al 90% del total. El control de las salidas seguirá regulándose mediante compuertas en golas.

Niveles de inundación del humedal similares a los actuales. Tasa de renovación inferior.

Calidad de los recursos hídricos

- Procesos de Salinización.

Salinización susceptible de impedir el cultivo del arroz en todos los terrenos en el entorno del lago cuya cota, incluyendo el nivel de lámina de agua en fase de cultivo, se sitúe por debajo del valor del nivel del mar previsto para el escenario 1 en el horizonte temporal del año 2050 (nivel año 2005+0,15m).

- Nivel de eutrofia.

Niveles de eutrofia ligeramente inferiores a los actuales.

- Contenido en metales pesados y otras sustancias tóxicas.

Contenidos en metales pesados similares a los actuales o ligeramente inferiores.

Variables dependientes.

Actividad agrícola.

- Cultivos y régimen de explotación.

Se mantiene el cultivo del arroz disminuyendo en parte su superficie consecuencia de los procesos de salinización de los suelos y los recursos hídricos.

Sustitución parcial de los cultivos de cítricos por cultivos de kaki (*Dyospiros kaki*) e implantación prácticamente total de sistemas de riego localizado en el entorno inmediato del sistema.

- Evolución de los mercados del arroz y políticas agrarias UE.

Reducción de la demanda de arroz de entre un 5% y un 10% respecto a la actualidad. Mantenimiento de un régimen de subvenciones ligado al cultivo ecológico en cuantías inferiores a las actuales.

Variables socioeconómicas.

Demografía.

Nivel de población en torno a un 10% superior a la actual.

Régimen de ocupación del territorio.

Incremento de la actividad urbanizadora, consecuencia de los incrementos poblacionales, que implicará incrementos en la superficie sellada en el ámbito de la cuenca vertiente en torno al 5% respecto a la actualidad.

Actividad industrial.

Relocalización de la actividad industrial, desplazándose esta hacia polígonos industriales de nueva creación y dotados de infraestructuras. Continuación de los proceso de cambio de los sectores de actividad. El núcleo principal de actividad industrial se articulará en torno a la factoría de Ford en Almussafes. En conjunto menor incidencia ambiental de este sector sobre el sistema.

Actividades terciarias.

Nivel de actividad turística en la zona ligeramente al actual superior, con incremento en la utilización intensiva del frente litoral del sistema. Agravamiento de la problemática de la carretera del Saler. Incremento de la actividad comercial en la zona del entorno de la Pista de Silla, con implantación de nuevas superficies comerciales. En conjunto se espera una mayor incidencia ambiental de este sector sobre el sistema.

Variables subordinadas.

Comunidades biológicas.

Se descarta recuperación de las comunidades de macrófitos sumergidos.

Incremento de áreas palustres, consecuencia del abandono parcial del cultivo de tancats.

Reducción de las áreas de pinar en la zona de la restinga, debido a la reiteración de incendios forestales consecuencia del mayor nivel de sequedad, sustituido por etapas seriales de matorral bajo y en las zonas arenosas del frente costero por vegetación dunar.

Reducción de las zonas de playa y dunas por elevación del nivel del mar y disminución de aportes de arena por alteración de la dinámica marina costera.

Las especies de limícolas y ardeidas podrían ver reducidos tanto el número de individuos presentes como el número de especies. El grupo de las anátidas resultaría afectado en menor medida por el cambio en los tancats, incluso algunas especies concretas podrían verse favorecidas por una mayor extensión de zonas de marjal.

Pocas variaciones en cuanto a composición y número de especies piscícolas, si acaso pueden tener un ligero las que habitan la zona del lago por el incremento de superficie de este por abandono de los tancats y una disminución de los ligados a los “ullals” por reducción del caudal de estos.

Reducción de la presencia de grupos faunísticos vinculados estrictamente a las formaciones de pinar.

Sin grandes cambios en las poblaciones de reptiles y anfibios.

Análisis y valoración del escenario 1.

A la vista de las previsiones expuestas para este escenario, podemos afirmar que el sistema del humedal de l’Albufera continuará con una dinámica de cambio acelerado, aunque distinta a la que ha tenido en el último tercio del siglo XX.

El vector de cambio para este escenario son los procesos de cambio climático, a diferencia de lo ocurrido hasta ahora en que los factores antrópicos han sido el principal factor inductor de cambio en el sistema.

El análisis de las variables básicas muestra que los procesos de cambio climático van a inducir cambios significativos en las mismas, siendo el más remarcable de todos, por la incidencia que va a tener sobre el conjunto del sistema y el resto de variables, la elevación de los niveles marinos.

En efecto, el nivel del mar marca el nivel de base del sistema condicionando así el funcionamiento hidrológico del mismo. No obstante, el efecto inducido más relevante no se producirá sobre los flujos de recursos hídricos de entrada y salida sino sobre un factor relevante que determina la naturaleza del humedal: el contenido en sales del agua.

La elevación del nivel del mar conllevará la salinización de todas las aguas y, consecuentemente, todos los suelos saturados por estas, que se encuentren a una cota inferior a la de aquel.

Así el hecho más significativo esperable para este escenario es la salinización de todas aquellas zonas en el entorno del lago y en el frente litoral cuyo nivel freático se sitúe por debajo del nivel del mar.

Cabe, por tanto, considerar que la principal afección se producirá sobre la zona de los tancats, pues estos se sitúan mayoritariamente por debajo del nivel del mar. En estos, el

cultivo del arroz se verá seriamente condicionado por la salinización de los recursos hídricos, hasta el punto de que puede situarse por debajo de los umbrales de rentabilidad.

Cabe remarcar que para los tancats, la cota de referencia la constituye la altura de la lámina de agua durante la fase de inundación del cultivo, considerando por tanto que la salinización se producirá en todas aquellas zonas en que la cota de aquella se sitúe por debajo del nivel del mar. Se asume en consecuencia que se salinizarán todos aquellos tancats cuya cota actual se sitúe por debajo de -0,15 m.s.n.m.

Este factor inducirá por tanto un sustancial cambio en el sistema.

Realizando una proyección en base a un levantamiento topográfico escala 1:2500 elaborado en el año 2005 por la CHJ podemos concretar cuáles son las zonas de tancats que se verían afectadas por los procesos de salinización. El resultado de la proyección se muestra en el siguiente mapa (Fig. 67).

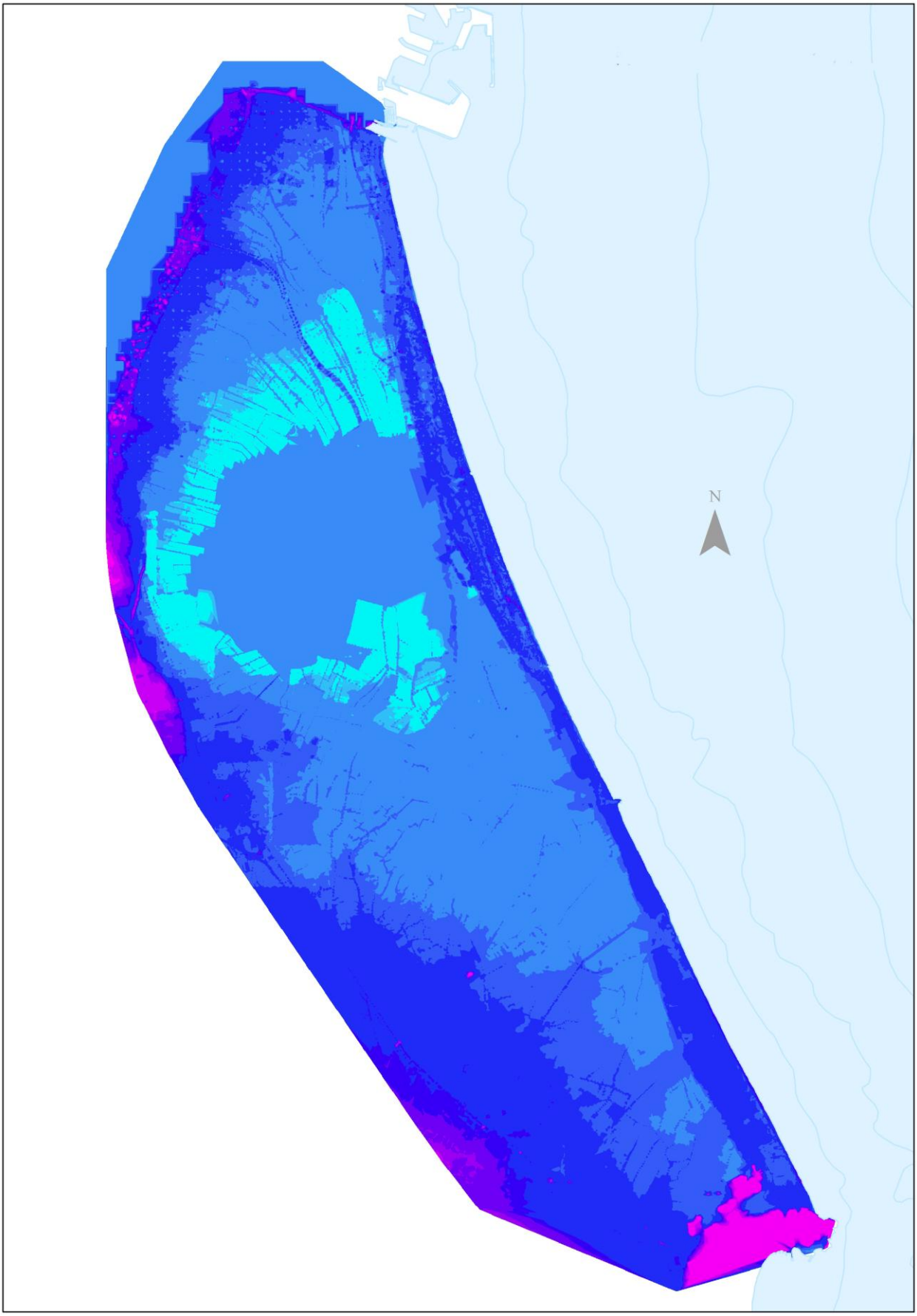


Fig. 67. Tancats afectados por procesos de salinización en el escenario 1 (en color turquesa las zonas afectadas).

De esta cartografía se infiere que deberán dejarse de cultivar aproximadamente unas 2.500 hectáreas de tancats, que forman un anillo alrededor del lago, lo que supone una reducción de aproximadamente el 15% respecto del total de áreas de arrozal cultivadas y del 50% respecto del área de tancats cultivados. Ello supone una reconfiguración sustancial de la estructura territorial, que tendrá afección no solo en la propia actividad agrícola, sino en las comunidades biológicas del humedal.

Cabe por tanto considerar una significativa reordenación del sistema en el entorno del lago, puesto que el abandono del cultivo en los tancats salinizados obliga a plantear la cuestión del uso que se debe asignar a estos terrenos.

En el apartado correspondiente se plantean las estrategias a seguir con objeto de asignar usos óptimos para estos terrenos.

Este escenario plantea por otra parte una situación de reducción en los volúmenes de recursos hídricos aportados al sistema, consecuencia de la reducción en la disponibilidad de los mismos en la cuenca vertiente, por efecto del aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones.

Cabe considerar a este respecto que esta respuesta a los cambios en la evaporación y la precipitación no es lineal, puesto que son múltiples los factores interrelacionados. Así, aunque los factores climáticos inducen una tendencia a la baja en la disponibilidad de recursos en la cuenca, cabe considerar que dada la dependencia del sistema del manejo antrópico, esta disminución puede verse al menos en parte compensada por la gestión hidrológica de la cuenca y por cambios en las asignaciones de usos derivados por ejemplo de los cambios en los cultivos y en las tecnologías de riego aplicadas a estos.

Asumimos así para este parámetro que la disminución de los aportes totales al sistema se situaría entre un 15-20% respecto de los valores actuales utilizados en este estudio, situándose en el entorno de 450 Hm3/año.

A pesar de ello, no contemplamos para este escenario cambios significativos en los niveles de inundación actuales y en la extensión de la lámina de agua, puesto que la capacidad de regulación instalada en las golas permite una alta capacidad de gestión. Ello a costa, evidentemente, de una reducción de la tasa de renovación de los recursos del sistema, lo que tendría afecciones en la calidad de estos, al favorecer procesos de anoxia y una mayor concentración de nutrientes y contaminantes, al reducirse su nivel de dilución y arrastre.

Es evidente que descartamos en este escenario la posibilidad de revertir el funcionamiento actual del sistema, en el sentido de que este recupere las características ecológicas que tuvo hasta el siglo XVII, cuando era un lago salobre. Ello implicaría, en nuestra opinión, costosas actuaciones para dotar al sistema de golas funcionales que permitieran la entrada de agua del mar y la reordenación completa de los sistemas de riego, lo que implicaría el abandono total del cultivo del arroz en los tancats y aun en algunos arrozales altos.

Asumimos a su vez para este escenario que los volúmenes aportados son suficientes para mantener el cultivo del arroz, en las zonas en las que actualmente este se lleva a cabo, descontadas evidentemente las que quedarán salinizadas por la elevación del nivel del mar.

Lo que nos lleva a valorar los aspectos relacionados con la calidad de los recursos. En este escenario nos encontramos con un sistema de humedal cuyos recursos hídricos aunque mejoran respecto a los actuales no alcanzan todavía los niveles de calidad anteriores a la década de 1960. Es esperable que continúen los altos niveles de eutrofia, dado que el sistema alberga todavía grandes reservorios de nutrientes que garantizan un aporte continuado de los mismos. Sí es esperable en cambio una ligera reducción de los contenidos en metales pesados, producto por una parte de la reducción de los aportes por vertidos urbanos e industriales en la cuenca, consecuencia de considerar que se habrá completado la instalación de los sistemas integrales de tratamiento de aguas residuales y, por otra, de que se avanzará en el proceso de fijación de los contenidos existentes en los lodos acumulados en el fondo del lago por los aportes de limos arcillosos procedentes de la cuenca.

Análisis específico merece, aunque ya se ha hecho referencia a ello, el aspecto de la salinización de los recursos hídricos subterráneos y superficiales y, consecuentemente, de los suelos vinculados a ellos. Como se ha expuesto, en este escenario la prevista elevación de los niveles marinos inducirá la salinización de todas aquellas zonas en que la lámina de agua se sitúe por debajo de ellos. El nivel de salinización alcanzará en estas zonas el umbral a partir del cual el cultivo del arroz decrece significativamente en su rendimiento lo que, junto a factores económicos, situará los rendimientos del cultivo del arroz por debajo del umbral de rentabilidad, aun considerando un régimen de subvenciones como el actual. En síntesis, el cultivo del arroz será inviable, en este escenario, en aquellos terrenos cuya lámina de agua durante el periodo de inundación se sitúe por debajo del nivel del mar.

Si se observa la cartografía, puede apreciarse como la zona considerada se corresponde aproximadamente con la línea de término del municipio de Valencia y con el ámbito de la zona de la desembocadura del Barranco del Poyo y la Acequia del Port de Catarroja, lo que apunta a que se trata de los últimos terrenos ganados al lago durante las desecaciones de principios del siglo XX.

Es evidente que el abandono del cultivo arrocero en estas zonas supondría una significativa reordenación del sistema respecto de su configuración actual, sobre todo del área de tancats. En esta zona se genera una problemática derivada de dos aspectos, por un lado la adecuación y uso ecológico de las zonas de cultivo abandonadas, condicionada por el hecho de que se puede seguir desarrollando el cultivo en los tancats no afectados, lo que obliga a considerar soluciones de gestión para estos aspectos. En el apartado correspondiente a las propuestas de gestión se estudian las distintas opciones de actuación que pueden resultar aplicables para solucionar estos aspectos.

Las zonas arroceras altas no se verían afectadas, pudiendo seguir desarrollando su actividad como hasta ahora, puesto que al situarse a cotas más elevadas y tener sistemas de riego independientes no están afectadas por los procesos de salinización descritos.

Sin embargo el abandono forzado del cultivo en estos tancats no debe considerarse un impacto negativo en sí. Recordemos que los tancats son terrenos ganados al lago para el cultivo en fecha tan reciente como finales del siglo XIX y principios del XX y que su mantenimiento es totalmente artificial, con unos significativos costes de gestión hidráulica para los mismos. Estaríamos pues ante un proceso de reversión al lago de terrenos

anteriormente pertenecientes al mismo. Se trata en consecuencia de gestionar correctamente tal proceso, aspecto este que analizaremos en el siguiente apartado de este documento.

Respecto de los factores socioeconómicos, este escenario vendría caracterizado por los siguientes aspectos fundamentales:

- Incertidumbre en la viabilidad económica del cultivo del arroz, derivada de la estructura de la propiedad, las características de la población agraria, la dependencia de las ayudas públicas, cuya viabilidad futura no está garantizada y la tendencia a la baja de la demanda de este producto.

- No se espera incrementos significativos de los impactos derivados del resto de factores de presión derivados de la actividad antrópica como son la actividad urbanística, turística, comercial e industrial, ya que aunque se esperan incrementos en la actividad, sus condiciones de desarrollo no hacen prever un mayor impacto de las mismas.

- Presión para reasignación de los usos hidrológicos en la cuenca, en virtud de los cambios tanto en disponibilidad como en la demanda, provocando variaciones respecto a la distribución actual de los mismos, en la que es esperable una paulatina disminución de los caudales asignados al uso agrícola en beneficio de los usos urbanos e industriales.

Por tanto consideramos en este escenario un contexto socioeconómico con una tendencia evolutiva hacia una disminución de la presión antrópica sobre el sistema respecto de la actualidad. Esto se traduciría en una disminución de los impactos directos sobre el mismo, sobre todo de los derivados de las actividades radicadas en la conurbación inmediata a la propia Albufera.

Es esperable por tanto en este contexto una cierta mejora de la calidad de los recursos del sistema, pero no lo suficiente para que éste recupere los parámetros de calidad ecológica previos al gran deterioro sufrido a partir de la mitad del siglo XX, dado que las tendencias de mejora se verán contrapesadas por la resiliencia del sistema, garantizada por el reservorio de elementos contaminantes acumulados a lo largo de las últimas décadas y por la continuidad de los factores de contaminación difusa derivados de la actividad agrícola, así como la menor tasa de reposición de los recursos derivada de la menor disponibilidad de estos en la cuenca.

En este momento es cuando cabe considerar la posible configuración de las comunidades ecológicas del humedal de l’Albufera.

Asumiendo las premisas anteriores no cabe esperar grandes cambios en la composición de las comunidades vegetales y faunísticas que actualmente conforman el ecosistema de l’Albufera. Dado que asumimos que las superficies de lámina de agua se mantendrán con un nivel de cobertura similar al actual, consecuencia de las posibilidades de manejo del sistema que ofrece la capacidad de regulación instalada en las golas de salida, no son esperables cambios drásticos respecto a la actualidad en cuanto a la composición de las comunidades biológicas que conforman actualmente el sistema de l’Albufera.

No es esperable la recuperación de las formaciones de macrófitos sumergidos anteriormente existentes ni de las comunidades planctónicas, puesto que consideramos que los niveles de eutrofia previstos para este horizonte temporal no lo permitirán. Pueden en cambio producirse cambios en la distribución de la vegetación propia de los ámbitos de marjal, en virtud de los cambios de salinidad y por el proceso de abandono del cultivo del arroz en la zona de tancats, esto último supeditado a la gestión que se realice de los mismos. Es previsible una reordenación de estas comunidades en el entorno del lago actual, colonizando el carrizal nuevas áreas de orla alrededor de las láminas de agua que actualmente constituyen los tancats y abandonando aquellas en el que el nivel de agua se eleve lo suficiente para impedir su desarrollo y aquellas en los que los niveles de salinidad sean excesivos, dejando paso a comunidades vegetales adaptadas a estas condiciones.

Es de remarcar que en último extremo, la tipología de la vegetación que ocupará los terrenos de los tancats en los que se abandone el cultivo dependerá de las decisiones de gestión que se adopten en el proceso de abandono delos mismos.

En cuanto a la vegetación terrestre el cambio más significativos lo esperamos para las formaciones de pinar y matorral termomediterráneo existente en la zona de la restinga. Los mayores niveles de sequedad pueden traducirse en este caso en una mayor incidencia de incendios forestales, a las que las masas de pinar de repoblación, que constituyen la cobertura arbórea predominante en la zona, son especialmente propensas. Las comunidades dunares, ya adaptadas a condiciones extremas de sequedad no esperamos que se vean sustancialmente alteradas por esto factores de cambio, como tampoco las propias de las zonas de “mallades” salobres, que podían incluso verse favorecidas por la extensión de sus hábitats consecuencia de la elevación de los niveles marinos.

En cuanto a las comunidades faunísticas, no son esperables grandes variaciones en su composición respecto de su configuración actual.

Así, respecto a la avifauna se considera para este escenario una posible disminución de las poblaciones de los grupos que basan su alimentación específicamente en los recursos proporcionados por el arrozal. Así los grupos más afectados serían el de limícolas y ardeidas y en menor medida los láridos. En contrapartida algunos grupos como las anátidas podrían verse en parte favorecidos por el incremento de las áreas de carrizal. Las especies que basan su alimentación en las capturas piscícolas pueden también verse favorecidas en esta coyuntura.

Para las especies piscícolas sería esperable un ligero aumento de sus poblaciones, por la mayor extensión disponible de la lámina de agua, pero cabe considerar que las condiciones de calidad de ésta, todavía con un alto nivel de eutrofia y con mayor probabilidad de episodios de anoxia debido a la menor tasa de renovación, compense la expansión de las superficies disponibles, al reducir la productividad y detraer así recursos alimenticios y hábitats para estas especies. La posibilidad de una mayor presencia de especies marinas en el ámbito del lago, como era habitual en épocas pasadas, no la consideramos probable en este escenario, debido a que el nivel de salinidad del agua del lago no alcanzaría valores suficientemente elevados para este tipo de especies y a que la configuración de las salidas del lago a través de las golas, que asumimos que mantendrán una configuración similar a la actual, dificulta el tránsito de las especies marinas, reduciendo así las posibilidades de implantación de estas especies en mayor número.

Un tipo específico de ambiente que puede verse afectado por los cambios son los “ullals”, susceptibles de verse afectados por los procesos de salinización y por la bajada de los niveles freáticos a nivel regional derivada de la disminución de las entradas y de la intensificación de las extracciones, afectando negativamente a la fauna piscícola ligada ellos, que tiene gran interés ecológico.

La fauna asociada a los hábitats terrestres puede verse afectada sobre todo por la disminución de las especies asociadas a los pinares de la zona de restinga, que pueden disminuir su presencia por la disminución de su cobertura a causa de la mayor frecuencia de incendios. Sin embargo estas serían sustituidas por especies asociadas a las zonas de matorral o de los sistemas dunares que pueden reocupar la zona de restinga en aquellas zonas abandonadas por los pinares.

Deben considerarse asimismo los cambios que se producirían en la actividad cinegética, a consecuencia de la referida reordenación de parte de los tancats, ya que estos desempeñan un papel destacado en tal actividad, ya que en ellos se instalan algunos de los vedats de mayor actividad en este sentido.

En síntesis, bajo las premisas propuestas consideramos un escenario con cambios significativos respecto a la situación actual, pero que no implican un cambio de paradigma respecto a esta. Es decir, se producirán cambios, pero las estructuras fundamentales del sistema no es esperable que cambien. El cultivo del arrozal continuará constituyendo el uso fundamental y continuará condicionando, a través del manejo del sistema hidrológico y en su carácter de fuente principal de recursos alimenticios para un gran número de especies representativas de avifauna.

Consideramos de interés valorar las repercusiones socioeconómicas derivadas del abandono parcial del cultivo en la zona de tancats. Podemos hacer una estimación a precios actuales de las pérdidas de rendimiento económico, construida sobre la base del análisis económico de la situación actual de la actividad contenido en este documento.

Así, basándonos en los valores de producción medios por Hectárea de arrozal en los últimos años y considerando una superficie aproximada de cultivo en tancats de 5.000 ha encontramos que las pérdidas de producción de arroz se situarían entre las 19.900 y las 20.850 Tm/año. En cuanto a su valor económico bruto, a precios actuales y tomando como referencia el precio medio de los últimos 10 años que es de 0,28 eur/kg tendríamos una disminución de valor bruto de entre 5.550.000 y 5.800.000 euros.

En lo que se refiere a los costes en subvenciones para la administración, estos se pueden estimar en unos 2.894.250 eur/año, valor que se obtiene al considerar unas ayudas por pago único y una ayuda al cultivo sostenible de 1.115,7 eur/ha/año, que son los valores que derivan de la normativa de la Unión Europea vigente actualmente al respecto.

No disponemos de datos actualizados de costes de producción para la estimación de las pérdidas netas de rendimiento. A modo de orientación podemos remitirnos a los datos correspondientes al año 2000, incluidos en el apartado de agricultura de este documento.

En estos se estimaba un coste de producción de 53,7 pts/Kg (0,32 eur/Kg), estimándose un precio de mercado de 0,27 eur/Kg, por cierto no muy lejano al actual. Bajo esos parámetros el rendimiento bruto del cultivo antes de subvención, en los tancats

abandonados, se situaría en un valor negativo cercano a 943.000 eur. La pérdida de rendimiento neto para los propietarios, considerando las subvenciones vigentes en aquel momento, se situaría en 754.000 eur. Cabe considerar, no obstante, que los costes de producción generan una actividad económica y empleo, que se retraería con el abandono del cultivo.

Alternativas de gestión.

El escenario planteado de abandono parcial del cultivo del arroz en la zona de tancats tiene un alto grado de probabilidad, por el efecto conjunto de los procesos de salinización derivados de la elevación de los niveles marinos y la problemática socioeconómica del cultivo.

El abandono parcial del cultivo arrocero en la zona de tancats plantea en primer término la necesidad de planificar la gestión de las aproximadamente 2.500 ha de terreno que quedarán sin cultivo. Tal proceso de abandono debe ser planificado y gestionado adecuadamente, de modo que se optimice la funcionalidad ecológica de dichos terrenos y que el proceso no constituya un impacto negativo en sí, sino una oportunidad de mejorar el funcionamiento ecológico del conjunto del sistema del humedal.

La primera disyuntiva que se plantea a este respecto es si se opta por el abandono total del cultivo en estas parcelas o se plantea un cambio de cultivo, hacia otros más tolerantes a la salinidad que puedan proporcionar un rendimiento económico suficiente.

La respuesta a esta disyuntiva a nuestro entender es clara. La especial naturaleza de los tancats, que no cabe olvidar que son terrenos pertenecientes al lago que han sido recientemente detraídos a este, y el coste de mantenimiento de estos, hace más aconsejable, tanto desde el punto de vista ecológico como del económico, abandonar definitivamente su cultivo y reintegrar los terrenos a los dominios del lago.

Las condiciones de rentabilidad previstas desaconsejan así mantener estas parcelas en cultivo, en un contexto socioeconómico muy distinto a aquel en el que se obtuvieron a costa del lago, en muchos casos, de manera ilegal, aunque fueran legalizados a posteriori.

Asumiendo, pues, el abandono total del cultivo en estas parcelas como opción única a considerar, debemos analizar en qué condiciones se debería desarrollar este proceso, de modo que se optimicen los beneficios ecológicos del mismo.

Cabe en este aspecto tener en cuenta el hecho de que al no producirse el abandono del cultivo en el conjunto de los tancats, se genera una problemática específica, derivada del hecho de que estos funcionan, como se ha descrito como una unidad hidrológica única, pues dependen para su llenado de la elevación de los niveles del lago.

Así consideramos dos opciones primarias de gestión del abandono:

- Opción 1: Mantenimiento de la mota en su configuración actual, adecuando los terrenos de los tancats abandonados mediante su reconfiguración para obtener un ecosistema de tipo marjal, con un manejo continúo del régimen de inundación del mismo.

- Opción 2: Eliminación de la mota actual, dejando que el lago ocupe las zonas abandonadas y reconfigurando el fondo de los tancats para crear una mayor diversidad de ambientes. En caso necesario se protegería con nuevas motas las zonas de tancats en las que no se abandona el cultivo.

Evidentemente la primera opción implica un mayor coste de mantenimiento, pues implicaría mantener equipos de bombeo con capacidad suficiente para garantizar el manejo de los niveles de agua en las superficies consideradas. Sin embargo es óptima si tenemos en cuenta que se debe mantener el cultivo en el resto de tancats, pues aislaría las zonas abandonadas del funcionamiento hidrológico de aquellos.

Esta opción implica obviamente un mayor coste inicial de ejecución y también de mantenimiento, pues se debe reconfigurar la topografía del terreno de manera adecuada para recrear los distintos ambientes de humedal que se pretenden implantar y se debe implementar una estructura hidráulica adecuada para el mantenimiento de los niveles adecuados de inundación.

La opción segunda consistiría en la retirada de la mota en las áreas de tancats a revertir, dejando que el lago ocupe la superficie que le corresponde en función de la topografía del terreno. Esta práctica podría generar problemas si no se realiza una adecuada gestión de los niveles durante el manejo de la inundación para el cultivo en los tancats restantes. Ello obligaría en principio a crear una nueva mota de tierra para separar los tancats recuperados de los que se mantienen en cultivo.

La extensión del área del lago hasta una nueva línea de perímetro en función de la topografía actual, crearía una ampliación en cubeta, lo que conllevaría una zona de transición algo abrupta entre la lámina de agua y las zonas inmediatas de tancats aun en cultivo, más si se considera que existiría un dique de separación entre ellos. Dado que, como se ha indicado, los tancats contienen una capa de espesor variable de tierra de origen alóctono, aportada para su bonificación, una alternativa de gestión sería el reperfilado del fondo, previo a su inundación definitiva, mediante maquinaria pesada, de manera que se utilice la capa de tierra existente para crear un perfil de fondo irregular con un talud de transición a las otras zonas de pendiente más suave, lo que permitiría una diversificación de ambientes, con el desarrollo de una orla de vegetación de marjal en la zona perimetral del lago, creando así hábitats para la fauna que proporcionen mayores recursos compensando así en parte la pérdida derivada del abandono del cultivo. Asimismo podría construirse una mota de sección trapezoidal de mayor anchura, que permitiera una mayor separación entre los tancats regenerados y los que se mantienen en cultivo, permitiendo así la creación de una zona de transición entre ambos ambientes que amortiguaría la incidencia de las actividades del arrozal en la zona regenerada.

Esta opción presenta sin embargo el problema de las oscilaciones en el nivel del lago derivada de la gestión de riego en los tancats en los que no se abandone el cultivo. Ello dificultaría la adecuada gestión de los habitas recreados en las zonas recuperadas, puesto que crearía fluctuaciones en el nivel que podrían afectar negativamente a los hábitats creados, pues es conocido que la vegetación helofítica está vinculada, en su distribución local, a los niveles de la lámina de agua. No obstante esas fluctuaciones ya se producen en la actualidad y consideramos que podrían ser asumibles con un adecuado diseño de las zonas a recuperar.

Una opción en este sentido sería la de crear una playa de talud de poca pendiente y con circundada por una franja de mayor anchura de zona no inundada por el lago pero con alto nivel de encharcamiento, en una tipología de prado húmedo, que es una tipología de hábitat capaz de albergar una gran diversidad de especies y que favorecería especialmente a los especies de limícolas y ardeidas que recordemos eran las más perjudicadas por la eliminación de áreas de arrozal.

La incorporación de los nuevos terrenos al lago incrementaría obviamente la extensión de este, que se aproximaría ahora a las 5.000 ha. Se obtendría así un lago de mayor extensión y un anillo de zonas de marjal en torno, lo cual consideramos a priori una estructura de mayor potencial ecológico que el actual arrozal, proporcionando hábitats alternativos para la avifauna.

Asimismo cabe destacar el hecho de que los nuevos terrenos incorporados al lago no contienen depósitos de lodos contaminantes, lo que es una ventaja añadida, pues ayudaría a diluir las concentraciones de estos que se encuentran en equilibrio respecto a los depósitos de lodos existentes en el área actualmente ocupada por el del lago, lo cual constituiría una nada desdeñable ayuda a la mejora de la calidad de los recursos del sistema. El nivel de dilución así obtenido, dependería de los procesos de equilibrio existentes en el sistema, pero a priori sería esperable una dilución sustancial, pues el volumen de agua del sistema se incrementaría en un orden similar al actualmente existente. Abundan en este sentido Álvarez Díaz *et all*. en su estudio reiteradamente citado, defendiendo la inundación permanente de los tancats como medida que contribuiría efectivamente a reducir el nivel de eutrofia del sistema, sobre todo si se combina con el dragado de los lodos.

En cuanto a los recursos hídricos necesarios para mantener la inundación permanente de las zonas recuperadas, cabe decir que ello no supondría un problema adicional si se toma en consideración que actualmente ya se procede al llenado de los mismos mediante la elevación del nivel del lago mediante el manejo de las compuertas. Es decir, no se requieren recursos adicionales para mantener unos niveles aceptables, pudiendo incluso considerarse que se necesitarían menos recursos que los actuales, puesto que el ciclo de inundación-secado que actualmente se realiza requiere mayores recursos que los que serían necesarios para mantener los niveles de modo permanente.

En este sentido cabe apuntar la posibilidad de aportes de caudales limpios que contribuyan a aumentar la recirculación en el sistema y la dilución de los contaminantes. Dada la escasez de recursos en la cuenca prevista para este escenario, se propone la aportación de caudales depurados de buena calidad, que deberían aportarse a través de diversos puntos de la orilla oeste del lago para favorecer la hidrodinámica de este.

A continuación se incluye una simulación de cuál sería geomorfología del lago en caso de optar por asimilar a este los terrenos en los que se abandone el cultivo en los tancats.

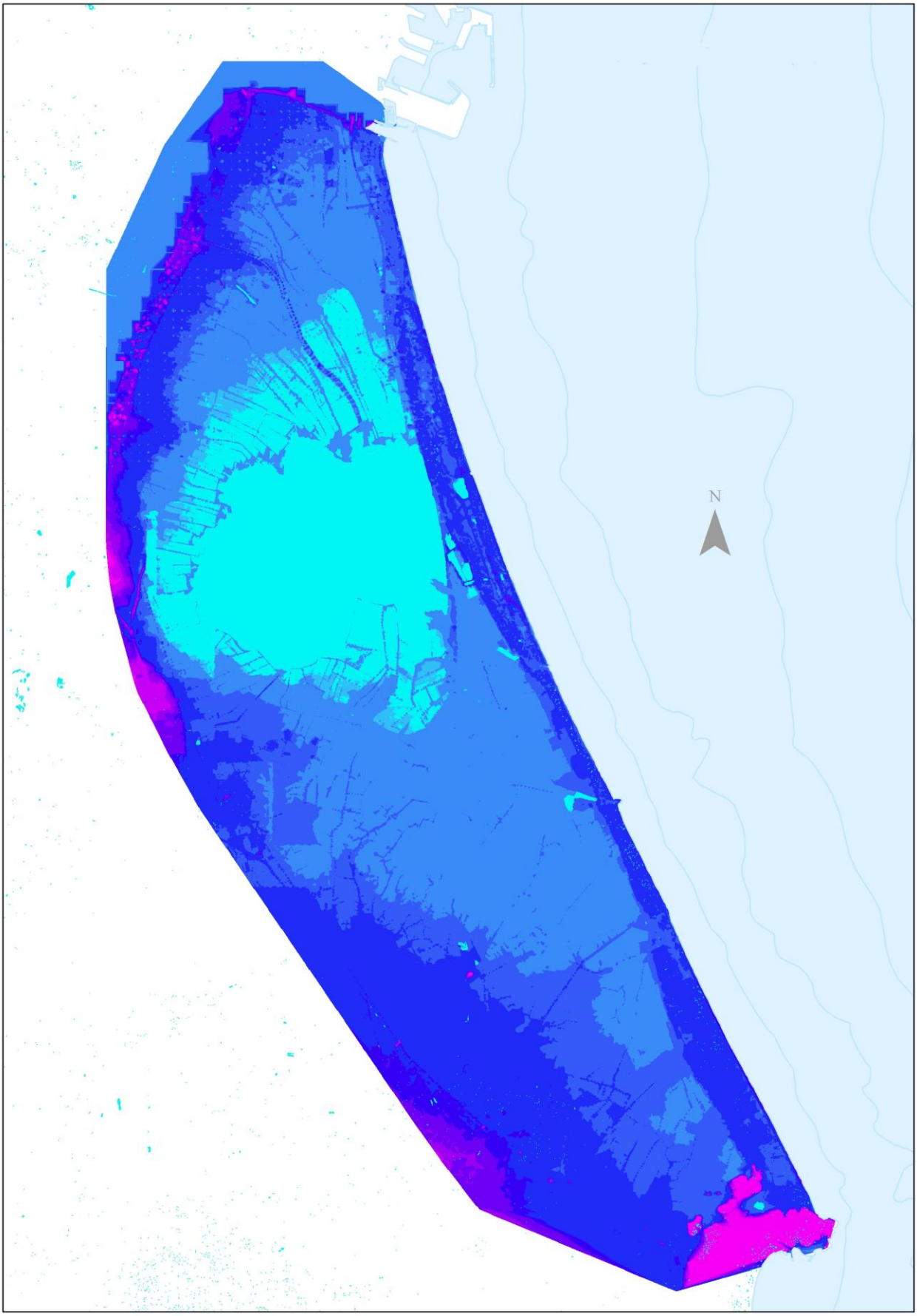


Fig. 68. Recreación de la extensión del lago tras la asimilación a este de las zonas de tancats abandonadas(en color turquesa).

No cabe sin embargo descartar una tercera opción, que sería la del abandono total del cultivo en toda el área de tancats, lo que evitaría la problemática derivada de la gestión dual de los niveles de inundación a que hacíamos referencia en los párrafos anteriores. Esta opción presenta indudablemente el hándicap de su mayor coste y conflictividad, pero permitiría una mejor racionalización de la gestión de este ámbito territorial. Dado que esta alternativa de gestión es la que se contempla obligatoriamente para el escenario 2, nos remitimos a este para un análisis en profundidad de la misma.

Para las dos opciones de actuación consideradas debe tenerse en cuenta los aspectos de tipo socioeconómico. Si los propietarios actuales de los tancats a regenerar (la mayoría de carácter privado), pierden toda opción de rentabilidad sobre su propiedad, se suscitará la cuestión de si deben ser compensados por renunciar al cultivo y permitir la ejecución de los trabajos de recuperación.

Aunque esta es en principio una cuestión de índole legal, en la que se plantearía una confrontación entre las atribuciones que la administración tiene en materia de ordenación del territorio y los derechos de los propietarios a mantener la propiedad y obtener rendimientos de sus tierras, cabe tener en cuenta que, en el escenario planteado, la rentabilidad de los terrenos para los propietarios sería prácticamente nula, al ser inviable el cultivo. La pérdida de rentabilidad no es fruto en este caso de una decisión de la administración, sino de causas sobrevenidas fruto del cambio de las condiciones ambientales.

La administración podría plantear así compensaciones a los propietarios por el abandono de sus terrenos, ya no como un justiprecio por la expropiación de estos, sino como una ayuda por las pérdidas sufridas a consecuencia de los cambios de las condiciones ambientales.

Consideraríamos por tanto viable y asumible económicamente el coste de revertir estos terrenos al lago, asumiendo posibles compensaciones a los propietarios.

De hecho, aun asumiendo el pago íntegro del valor de los terrenos, tendríamos que con un precio medio de la tierra en el promedio del registrado en los últimos años, que se sitúa en el entono de los 26.500 euros/hectárea, el coste de adquirir las aproximadamente 2.000 ha de tancats que se prevé abandonar ascendería a alrededor de 53.000.000 de euros, cantidad perfectamente asumible en el plazo considerado si se considera el ahorro de costes en las subvenciones que actualmente reciben, ya que equivale al coste de estas durante un plazo de 40 años. Este precio sería inferior si se tiene en cuenta que corresponde a arrozal en cultivo y que, en la situación prevista de inviabilidad de este, el precio debería ser sensiblemente inferior.

Para los cálculos correspondientes a la alternativa de abandono total de los tancats, nos remitimos al correspondiente apartado del escenario 2, aunque a modo de resumen cabe apuntar que estos costes serian el doble de los aquí considerados.

Se evitaría así, además, la actual situación, un tanto absurda, en que la administración mantiene artificialmente a través de subsidios el cultivo del arroz en zonas en que ecológicamente este no es recomendable, ni siquiera viable económicamente, dada la especial morfología de la zona de tancats.

Se precisaría por tanto la elaboración de un proyecto de adecuación de los tancats en que se prevé abandonar el cultivo, una vez estos pasaran a ser de dominio público. El coste de actuación en si no sería excesivamente elevado, pues consistiría en el reperfilado mediante maquinaria pesada de los fondos de los tancats y en el levantamiento de motas en aquellas zonas que lo precisen para proteger los tancats en los que se mantiene el cultivo. No podemos estimar aquí con precisión los costes pero estos, por experiencias previas del autor en otros proyectos de índole similar podrían situarse en el entorno de los 5.000.000 de euros.

Este coste habría que sumarlo al coste de compensación por la adquisición de los terrenos a los legítimos propietarios. Aunque puede parecer un coste elevado cabe considerar que el sistema de l'Albufera es proveedora de bienes y servicios a la sociedad, bienes y servicios no solamente en el sentido de la economía tradicional, sino en el sentido de bienes y servicios que el entorno proporciona al conjunto de la ciudadanía, perfectamente valorables y cuantificables económicamente. La administración debe asumir, en el contexto de su obligación de atender el interés general los costes de mantener un sistema tan valioso para el conjunto de la sociedad como es l'Albufera, pues el monto de los servicios prestados por esta, incluso como fuente de actividad económica justificaría totalmente la inversión exigida.

El sistema de l'Albufera hasta hoy, ha proporcionado, además de bienes económicos, un inmenso volumen de bienes y servicios ambientales a los habitantes de su entorno y, por extensión, al conjunto de la sociedad valenciana. Sin embargo, tales bienes y servicios no han sido objeto de interés directo de la sociedad, sino que puede decirse que han sido un "subproducto" de las actividades económicas tradicionales desarrolladas en la zona.

Puede decirse que el sistema de l'Albufera, desde tiempos históricos ha proveído tales bienes y servicios ambientales, como producto secundario, porque aunque se fuera consciente de tal aportación, el interés primario ha sido siempre la obtención de producción primaria de interés económico directo, bien sea esta el aprovechamiento agrícola, pesquero, cinegético o de sal. La explotación del sistema ha ido orientada al mantenimiento de tales aprovechamientos, aunque es obvio que este interés extractivo, si se pretendía que fuera sostenible en el tiempo, debía tomar en consideración, aun de forma no explicita, el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales del sistema.

Tal equilibrio fue efectivo hasta finales de la década de 1960, cuando el desarrollo intensivo y descontrolado de la actividad industrial y el consecuente desarrollo urbano en el entorno del sistema, implicó el aporte masivo de vertidos contaminantes. Simultáneamente, la progresiva tecnificación de la agricultura comportó un aumento exponencial en el uso de fertilizantes y pesticidas. Estos impactos rompieron el precario equilibrio del sistema y dieron inicio a la actual configuración de lago hipertrófico con escasa vegetación acuática y equilibrios desplazados.

Es nuestra opinión que se debe plantear un cambio de la filosofía básica de la gestión de espacios naturales como el que es objeto de este estudio, asumiendo, como base de partida, que los bienes y servicios ambientales que estos espacios proveen a la sociedad son perfectamente cuantificables y tienen un valor muy superior al proporcionado por los aprovechamientos tradicionales. De este planteamiento surge la necesidad de que los usufructuarios directos de estos servicios ambientales y, subsidiariamente el conjunto de la

sociedad asuma el coste de la provisión de tales beneficios y aporte, a través de canales normalizados, los recursos necesarios para su mantenimiento.

Ello justifica la incorporación al dominio público de aquellos enclaves que proporcionan bienes y servicios de interés general para el conjunto de la sociedad, como sería indudablemente el caso que nos ocupa en este estudio, lo que justifica a nuestro entender los costes de adquisición de los terrenos considerados.

En un planteamiento de largo alcance, se aboga por la implementación de vías de fiscalidad ambiental directa, en el contexto de lo que se denomina mecanismos de pago por servicios ambientales. Este tipo de mecanismos aunque han sido ampliamente estudiados y son muchos sus promotores, todavía hoy constituyen un concepto que no se incorpora de pleno al corpus de la práctica económica actual. Los procedimientos de contabilidad económica nacional aun excluyen gran parte de los valores ambientales en el cómputo del Producto Interior Bruto de un país, por lo cual los costes ambientales quedan relegados a una situación en la que se reconoce su importancia pero no se incorporan a la contabilidad, lo que impide asignarles un valor y un precio que permita que aquellas actividades que hacen uso directo o indirecto de ellos o causan su deterioro, asuman los costes correspondientes.

Consideramos que su financiación exclusivamente vía fiscal indirecta, a través de los presupuestos genéricos de los distintos organismos públicos encargados de la gestión de estos valores aunque ha jugado un papel fundamental a la hora de proteger y recuperar estos, debería ser cumplimentada por otros ingresos vía fiscalidad directa, por la que cada usuario o agente económico tuviera cumplida referencia de los valores por los que paga y sus relaciones de coste.

No hay que olvidar que la actividad de gestión y conservación implicaría una actividad económica considerable, vinculada a las actuaciones de gestión y protección, que generaría actividad y empleo en zonas rurales necesitadas de un impulso económico.

La implementación de una actuación de este tipo, sobre todo la articulación de un sistema de financiación como el arriba apuntado es compleja. Un sistema de financiación de este tipo pensamos que debería generalizarse para el conjunto de espacios protegidos, implicando más estrechamente a la sociedad en la financiación de las actividades de conservación y otorgando a estos un valor, en cuanto a generadores de actividad económica, superando modelos de gestión todavía anclados en épocas pretéritas, cuando planteamientos de estricta supervivencia hacían prevalecer la obtención de recursos directos sobre el resto de valores proporcionados por los terrenos naturales.

En síntesis, en el caso de concretarse el escenario de abandono del cultivo del arroz en parte de los tancats, debido a la pérdida de rentabilidad y a la intensificación de los procesos de salinización, se debería optar por la adquisición de los terrenos y la implementación y desarrollo de un programa de gestión del proceso de abandono y su adecuación ecológica con objeto de optimizar su funcionalidad. Se obtendría así un sistema de humedal más diversificado, con una mayor variabilidad de hábitats, que proporcionaría una mayor oportunidad para las comunidades de avifauna habituales en l’Albufera.

Los costes de este proceso los consideramos asumibles y compensables con la reducción del coste en subvenciones al cultivo actualmente en vigor. Asimismo cabe considera que si esta actuación se lleva a cabo de forma adecuada, el coste posterior de mantenimiento sería bajo, pues puede instaurarse un régimen hidrológico controlado con bajo coste de manejo, para el mantenimiento de niveles hídricos adecuados.

El desarrollo de esta actuación conllevaría necesariamente el establecimiento de un programa de monitorización y seguimiento de las actuaciones, con objeto de valorar su efectividad y eficacia.

Pero no cabe considerar que estas son las únicas medias a adoptar ante la coyuntura planteada. Las actuaciones antes descritas deben acompañarse de un “corpus” adecuado de medidas complementarias de gestión que garanticen que la nueva situación del sistema se gestiona de manera integral, optimizando en lo posible la funcionalidad ecológica del mismo.

Así consideramos fundamental articular un Plan Hidrológico de la Cuenca de l’Albufera que permita una asignación de usos que permita asignar los recursos suficientes para paliar, al menos en parte, la merma esperada por situación climática, sin menoscabo de los caudales necesarios para el mantenimiento de la actividad agrícola desarrollada en la cuenca.

Dicho plan debería asimismo contemplar la eliminación total de vertidos contaminantes al sistema, promoviendo a su vez que los efluentes provenientes de las estaciones depuradoras se aporten directamente al sistema.

También se debería poner en marcha un programa de actuaciones para la implantación del cultivo ecológico del arroz en el ámbito del humedal, orientando el régimen de subvenciones hacia el fomento de este tipo de prácticas agrícolas sostenibles, lo que tendría como principal fin minimizar los aportes de nutrientes y sustancias tóxicas provenientes de los fertilizantes y pesticidas utilizados en el cultivo.

Se deberán a su vez mantener la restricciones existentes actualmente al desarrollo de actuaciones urbanísticas, con objeto de limitar el incremento de suelo sellado, incluso reduciendo el actualmente existente mediante la restauración de ámbitos degradados que se ocuparon anteriormente durante las épocas de desarrollo intensivo.

La ordenación del uso público en el ámbito del sistema es asimismo fundamental, sobre todo en las zonas de mayor valor ecológico. La reordenación de la zona de tancats generará ámbitos de gran valor ecológico con un alto potencial de uso educativo, por lo que se debe planificar y gestionar adecuadamente su aprovechamiento. Asimismo se debería ordenar definitivamente el acceso al frente costero (zonas de playa) que actualmente se realiza a través de vías con tráfico muy denso, sobre todo en la época estival y con un alto número de atropellos de especies de fauna.

Enfoque preventivo.

Una alternativa racional ante el escenario planteado es pensar qué medidas se pueden adoptar en el intervalo temporal comprendido entre el momento actual y el horizonte

temporal establecido, para que siendo conscientes de la factibilidad del escenario, implementar medidas y políticas que reduzcan su probabilidad de ocurrencia.

Es decir, cabe preguntarse si podemos empezar ya a gestionar tal escenario, pues es más factible reducir sus potenciales impactos mediante políticas preventivas que paliativas.

De hecho; es el mismo razonamiento seguido para los escenarios de cambio climático elaborados por los organismos internacionales: los escenarios muestran cómo sería la coyuntura de seguir determinadas tendencias, pero nada impide actuar para revertir tales tendencias y evitar así la concreción de una coyuntura desfavorable.

Hay que considerar en este caso varios niveles de actuación. En el primero se encontrarían las decisiones de política global que inciden en los niveles de emisiones de gases invernadero a la atmosfera y consiguientemente, en los procesos de cambio climático global. Es evidente que una reducción de emisiones que redujera sustancialmente el incremento de temperaturas reduciría los impactos previstos sobre el sistema.

El siguiente nivel de actuación ya tiene rango regional y consiste en las políticas de gestión del sistema que pueden adoptarse ya desde hoy para mitigar en lo posible los efectos de los procesos de cambio global. En este caso, una política hidrológica adecuada y una ordenación de usos correcta son fundamentales para tal finalidad. La asignación eficiente de recursos hídricos para los diversos usos existentes es fundamental para la supervivencia del sistema.

La adecuada monitorización del sistema, con un seguimiento específico de los niveles de calidad de los recursos, en especial de los procesos de salinización y de las variaciones de los niveles marinos constituye un elemento indispensable a la hora de implementar actuaciones de gestión con una base empírica suficiente y adecuada.

Escenario: Escenario 2.

Horizonte temporal: año 2050.

Tipo de Escenario: Escenario más desfavorable.

Consideramos en este escenario que las variables climáticas evolucionarán hacia las peores coyunturas de emisiones contempladas por el panel IPCC, entendiendo como peor aquel en el que las emisiones de gases de efecto invernadero alcanzan los valores máximos de entre los posibles y, en consecuencia, se produce el máximo incremento previsible de temperatura.

Para este escenario, a diferencia del anterior en el que se consideraba la evolución más probable de las variables fundamentales, se considera una evolución que, aunque menos probable en su factibilidad, no es descartable su concreción, lo que tiene la utilidad de evaluar una coyuntura adversa y analizar en consecuencia las posibilidades de respuesta a través de las consecuentes políticas de gestión.

En base a las tendencias establecidas para cada variable en el apartado anterior, el escenario queda configurado por las siguientes condiciones de contorno:

Variables directrices.

Clima

- Temperatura.

Temperatura media del invierno +1.6ºC.

Temperatura media del verano +2.8ºC.

Promedio anual entre +2,3 y +3ºC.

Temperatura media anual >20ºC de promedio anual.

Valores estacionalizados:

  - Invierno: incremento de entre 2 a 2,7 ºC.
  - Primavera: incremento de entre 2 a 2,7 ºC.
  - Verano: incremento de entre 2,7 a 3,3 ºC.
  - Otoño: incremento de entre 2,7 a 3,3 ºC.

- Precipitación:

Disminución anual de entre 27 y 47 mm.

Total de precipitación anual entre 428 y 448 mm.

Valores estacionalizados:

- Invierno: Disminución en el entorno de 7 mm.
- Primavera: Disminución en el entorno de 13 mm.
- Verano: Disminuciones de entre 7 y 27 mm.
- Otoño: Sin cambios.

Marcado incremento de la irregularidad y de la intensidad de episodios torrenciales.

- Evaporación

Se estima para este escenario un incremento en los valores de evaporación del 40% respecto de los valores actuales.

Nivel del mar.

Elevación de 0,25 m. respecto a la referencia del año 2005.

Variables subordinadas.

Balance hidrológico.

Aportes totales al sistema en el entorno de los 360 Hm3/año.

Las salidas del sistema se reducen proporcionalmente a la reducción de los aportes, aumentando ligeramente respecto al escenario anterior las salidas por evaporación y el consumo del arrozal. Las salidas por las golas representarán el 85% del total y seguirán reguladas mediante compuertas.

Se mantienen los niveles actuales de inundación del humedal disminuyendo respecto a la actualidad y al escenario anterior la tasa de renovación de los recursos.

Calidad de los recursos hídricos

- Procesos de Salinización.

Salinización susceptible de impedir el cultivo del arroz en todos los terrenos en el entorno del lago cuya cota, incluyendo el nivel de lámina de agua en fase de cultivo, se sitúe por debajo del valor del nivel del mar previsto para este escenario.

- Nivel de eutrofia.

Niveles de eutrofia ligeramente superiores a los actuales.

- Contenido en metales pesados y otras sustancias tóxicas.

Contenidos en metales pesados algo superiores a los actuales.

Variables dependientes.

Actividad agrícola.

- Cultivos y régimen de explotación.

Abandono del cultivo del arroz en una parte significativa del actual ámbito de cultivo y fundamentalmente en la zona de tancats en la que se abandonaría totalmente. Concentración de la propiedad. En la cuenca vertiente sustitución parcial del cultivo de naranja por el del kaki aunque este no alcanzaría el 30% del total. Implantación generalizada de sistemas localizados de riego.

- Evolución de los mercados del arroz y políticas agrarias UE.

Retroceso de la demanda del arroz de entre un 15 y un 20% respecto a la actualidad. Retirada del régimen de ayudas al cultivo de la Unión Europea. Cultivos estrictamente supeditados a su rentabilidad económica. Entrada de arroz procedente de terceros países a precios inferiores a los de coste de producción en l'Albufera.

Variables socioeconómicas.

Demografía.

Nivel de población un 15% superior al actual.

Régimen de ocupación del territorio.

Incremento de la actividad urbanizadora con un incremento del suelo sellado en el entorno del sistema de un 10% respecto al actual.

Actividad industrial.

Mantenimiento del núcleo industrial vinculado a la factoría Ford en la zona sur del sistema y recuperación de sectores de actividad industrial tradicionales como las curtidoras y galvanotecnias en el entorno inmediato del humedal. Menor exigencia en estándares ambientales, con mayor impacto de estas actividades sobre el sistema.

Actividades terciarias.

Intensificación de la actividad turística, básicamente relacionada con estancias de duración inferior a un día. Incremento de la problemática de la carretera del Saler. Incremento de la actividad comercial en la zona del entorno de la pista de Silla.

Variables objetivo o diana.

Comunidades biológicas.

No recuperación de las comunidades de macrófitos sumergidos. Reducción o desaparición completa de las masas de pinar de la zona de la restinga. Extensión de formaciones de matorral termófilo. Retroceso de las zonas dunares. Reducción de las áreas de

alimentación para limícolas y ardeidas y otras especies dependientes del arrozal. El grupo de las anátidas puede verse favorecido en parte por el incremento de las áreas de carrizal. Pocos cambios en las comunidades piscícolas y en la herpetofauna.

Análisis y valoración del escenario 2.

Se ha asumido para este escenario deliberadamente una coyuntura desfavorable, dentro de las posibilidades de evolución de los parámetros que lo definen.

Para ello se asumen los escenarios de emisiones más adversos de los contemplados por el IPCC, entendiendo por desfavorables aquellos en los que la evolución de los niveles de emisiones es al alza y, consecuentemente, se producirán los mayores incrementos de temperatura previstos. Como factor adicional de presión se contempla una coyuntura socioeconómica adversa, dentro de las posibles alternativas, considerando, como factor más destacado, la retirada del régimen de subvenciones al cultivo del arroz actualmente vigente, lo que supondrá una drástica alteración respecto del régimen de explotación actual, convirtiéndolo en inviable en muchas zonas si se mantienen condiciones de mercado similares a las actuales.

Centrándonos inicialmente en los factores ambientales, al igual que en escenario anterior, el hecho más significativo a considerar en la evolución del sistema son los cambios en los parámetros que lo conforman consecuencia de los procesos de cambio climático.

El incremento de temperaturas esperado para este escenario es significativo e implicará cambios en la dinámica del sistema, sobre todo consecuencia de la reducción en los aportes de recursos hídricos, a consecuencia de la disminución de las precipitaciones y el incremento sustancial de la evaporación.

No obstante, como en el caso del escenario anterior, el cambio más significativo en cuanto a su repercusión en el sistema consideramos que lo constituye la elevación de los niveles marinos a consecuencia de dichos proceso de cambio climático.

La magnitud de la elevación del nivel marino prevista para este escenario puede considerarse sustancial, ya que contempla un ascenso de 0,25 m en el nivel del mar en el horizonte temporal considerado, lo cual supone un incremento muy rápido si se consideran los parámetros normales para este tipo de procesos.

La consecuencia más significativa de este hecho, además de la reconfiguración de la línea de costa en el frente litoral del sistema, es la intensificación de los procesos de salinización en aquellas zonas en que la cota del terreno se sitúa por debajo del nivel del mar. Como en el caso anterior, adoptaremos el criterio de que se producirá un incremento de los niveles de sales tanto en la capa freática como en los suelos en contacto con esta cuya cota, considerando el nivel de la lámina de agua durante el periodo de inundación del arrozal, se sitúe por debajo del nivel del mar. A continuación se incluye un plano en el que se cartografían las zonas afectadas de tancats que resultarán afectadas por este proceso. Este plano es resultado de una proyección realizada sobre un levantamiento topográfico de precisión escala 1:2.000 correspondiente al año 2005.

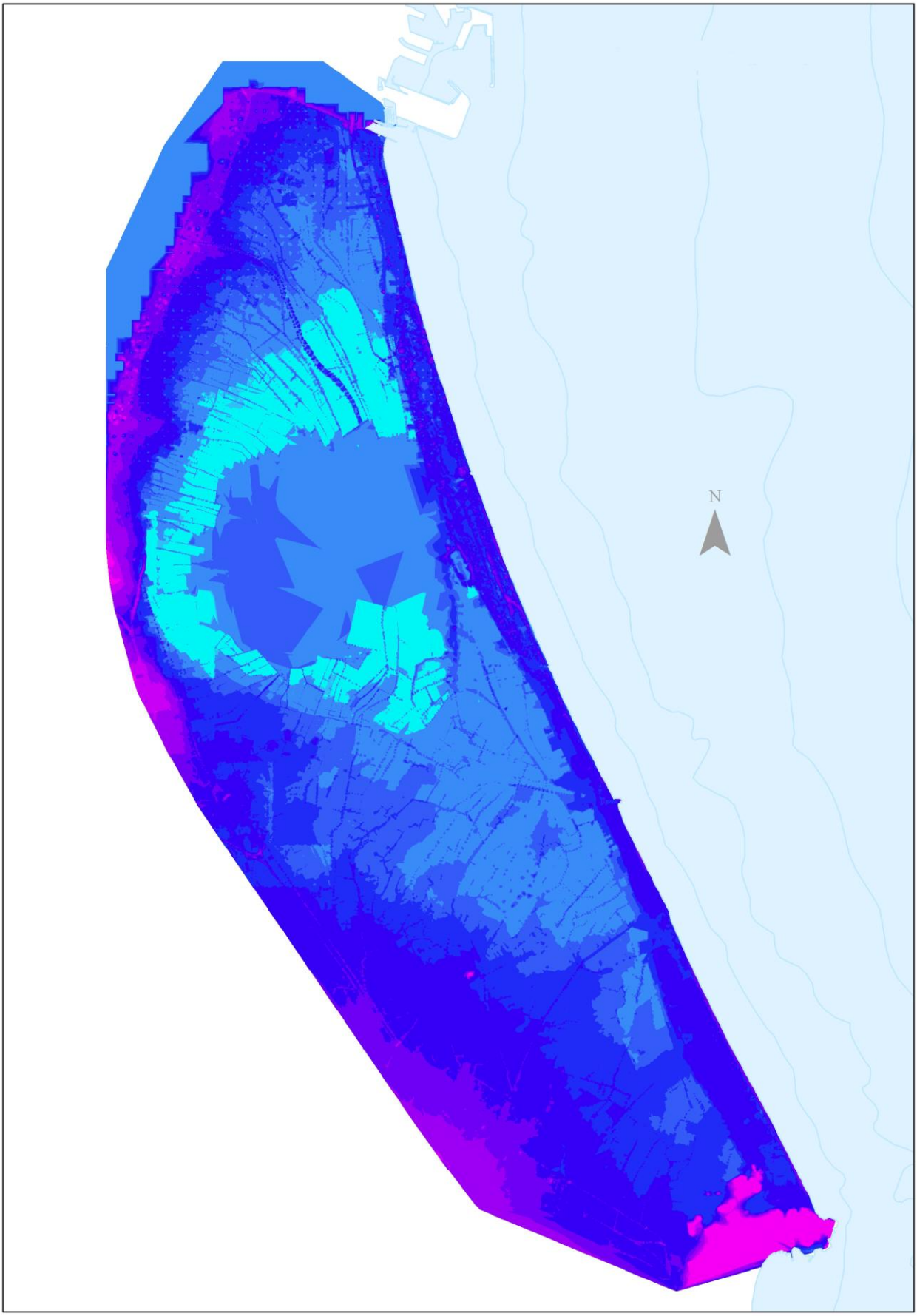


Fig. 69. Áreas de tancats afectadas por procesos de salinización en el escenario 2 (en color turquesa las zonas afectadas).

Puede en el observarse como los procesos de salinización afectan a la mayor parte del anillo de tancats que se sitúan en el entorno del lago, sobre todo aquellos situados en sus partes norte y oeste. La zona más afectada son aquellos tancats situados en el entorno de la desembocadura de la Rambla del Poyo y de la acequia de Catarroja. La extensión afectada es superior a la del caso del escenario anterior, aunque no afecta a la totalidad de los tancats, consecuencia de la topografía específica de estos, que forma una especie de cubeta con un escalón topográfico abrupto.

Nos encontramos pues ante una coyuntura similar a la del escenario anterior, en la que, sintetizando, cabe decir que la intensificación de los procesos de salinización de la capa freática y los suelos, consecuencia de la elevación de los niveles marinos y, en menor medida, de la reducción de la tasa de renovación de los recursos, provocará la disminución de la productividad del cultivo, forzando en última instancia el abandono de este.

Del análisis topográfico se desprende que este proceso afectará aproximadamente a unas 4.000 hectáreas de tancats, que suponen un 80% de la superficie total de estos y un 25% del total de la superficie dedicada al cultivo del arrozal en el ámbito del humedal de l'Albufera.

En el correspondiente apartado de propuestas de gestión se analizan las opciones que se plantean para la gestión de la transición de estas zonas de cultivo abandonadas.

El escenario planteado contempla asimismo una significativa merma en el volumen total de recursos hídricos aportados al sistema. La disminución de recursos primarios en la cuenca, aunque puede ser matizada por las políticas de asignación de usos en los grandes sistemas hidrológicos del Júcar y del Turia -recordemos que la aportación de la cuenca propia es poco relevante- y el incremento de la evaporación directa, provocaran una reordenación sustancial del balance hidrológico, con una disminución notoria de los caudales disponibles en el humedal para su funcionalidad ecológica. No obstante, como en el caso anterior, se mantiene la capacidad de manejo de las salidas al mar a través del sistema de compuertas instalado en las golas. Ello habilita la posibilidad de seguir manteniendo niveles de inundación similares a los actuales, pero a costa de disminuir aún más la tasa de renovación de los recursos.

Renunciamos implícitamente también en este escenario, a pesar de su adversidad en el aspecto hidrológico, a la opción de revertir el funcionamiento hidrológico actual del sistema a su configuración primigenia, en la que se hallaba vinculado a la dinámica marina, desvinculándolo así de su actual dependencia de los sistemas de regadío antrópicos. En realidad, para poder considerar esta opción, primero deberíamos asumir el abandono mayoritario del cultivo del arroz en el conjunto del sistema, tanto en la zona de tancats como en las zonas altas, ya que estos quedarían salinizados por el carácter salobre del agua del lago. En ese caso el lago y su entorno sí quedarían desvinculados de los sistemas de riego, perdiendo los caudales afluentes que estos aportan y pasando a depender de los aportes marinos. Mientras se mantenga el cultivo en las zonas altas en condiciones similares a las actuales, no cabe, en nuestra opinión, considerar viable esta opción.

En cuanto a los aspectos relacionados con los niveles de calidad de los recursos hídricos, además de los ya descritos procesos de salinización derivados de la elevación del nivel del

mar, consideramos un contexto en el que los niveles de eutrofia serían algo superiores a los actuales y, también, a su vez, los contenidos de metales pesados. Ello consecuencia de considerar que seguirá el aporte de nutrientes procedentes de los reservorios existentes en los lodos acumulados y en las aguas subterráneas, así como de focos difusos relacionados principalmente con la actividad agraria. Los aportes de metales pesados vendrían derivados, además de los reservorios existentes en los lodos del lago, de los aportes de la actividad industrial, que consideramos tendrá una incidencia ambiental algo superior a la actual.

En cuanto al análisis de los factores socioeconómicos del escenario, cabe remarcar un aspecto fundamental del planteamiento realizado a este respecto, que es la asunción, como condición de contorno, de la retirada de las líneas de subvención provenientes de la Política Agraria Común europea.

El cultivo del arroz en l'Albufera es en la actualidad, como hemos mostrado, estrictamente dependiente de las ayudas públicas, provenientes mayoritariamente de la Política Agraria de la Unión Europea. Es difícil proyectar, en el plazo considerado para este escenario, cuáles serán las políticas públicas de la Unión Europea para este horizonte temporal, pues no existen criterios científicos desde los que podamos proyectar su posible evolución, al tratarse en esencia de decisiones puramente políticas, vinculadas a las ideologías dominantes en cada momento histórico.

Para este escenario asumimos que se consolida la actual tendencia a las políticas de reducción del gasto público, por lo que se reducirían progresivamente los recursos destinados a afrontar los compromisos de gasto que conlleva la PAC hasta su total eliminación.

En este supuesto de progresiva disminución de la financiación pública, la viabilidad de las explotaciones arroceras quedaría supeditada íntegramente a un régimen puro de mercado, dependiendo de la demanda efectiva del producto y de si los productores son capaces de reducir sus costes para producir a precios competitivos.

Pero esta mejora competitiva no tiene tampoco una perspectiva nítida. Las tendencias de consumo muestran una cierta tendencia a la baja, en consonancia con los cambios en los hábitos alimentarios, la disminución poblacional y la disminución del poder adquisitivo en el ámbito del estado español, que es donde radica la mayor parte de la demanda del arroz producido en la zona. La arraigada creencia de que la tradición gastronómica valenciana, basada en el arroz, garantiza una demanda efectiva suficiente para colocar la producción no se corresponde con la realidad.

Por otra parte, hemos visto que en este escenario contemplamos significativa reducción de la producción por el abandono del cultivo en los tancats, debido a los procesos de salinización.

Si consideramos el indicador de los precios de la tierra, que apunta una leve tendencia a la baja, así como la disminución y envejecimiento de la población activa agraria, debemos considerar que para este escenario se debe producir una marcada tendencia a la concentración de la propiedad de la tierra en el ámbito del parque, cuya lógica apunta a que quede en manos de las empresas transformadoras y comercializadoras del arroz, proceso que ya empieza a observarse en otros sectores agrarios como el citrícola. Un

proceso de este tipo entraña la lógica de la disminución de costes, por el mayor tamaño de las explotaciones que permite una mayor mecanización y en el caso de la industria, la eliminación de intermediarios para la adquisición de la materia prima, con lo cual se conseguiría una significativa disminución del umbral de rentabilidad.

Este proceso, aunque pueda parecer deseable a priori, conllevaría efectos secundarios significativos, pues significaría un cambio sustancial respecto del modelo socioeconómico actual del humedal, ahondando en la desvinculación de la población de su entorno.

Sin embargo cabe considerar también que la mayor capacidad de inversión de las industrias transformadoras podría permitir una modernización del cultivo que, debidamente orientado, debería implicar no solo una mejora de la productividad y rentabilidad del mismo, sino una mayor integración y compatibilidad con los valores del humedal, mediante la aplicación de técnicas de cultivo ecológicas.

Por tanto consideramos a este respecto un escenario dual, en el que los procesos de cambio climático y la nueva coyuntura del régimen de explotación del arroz inducirían el abandono de aquellas zonas en que el nivel de salinización y las propias condiciones del cultivo hicieran inviable desde el punto de vista económico el cultivo del arroz.

Consideramos así que se podría producir el abandono del cultivo en todas las zonas arroceras de tancats, quedando el cultivo restringido a la zonas altas, que sufrirían un proceso de concentración de la propiedad, quedando está en manos de las grandes industrias transformadoras, las cuales introducirían nuevas metodologías de cultivo que pudieran bajar el umbral de rentabilidad hasta niveles en que hicieran viables las explotaciones en condiciones de mercado. Cuestión aparte merecería el análisis del impacto ambiental que pudiera derivarse de las tecnologías de cultivo aplicadas, puesto que podría buscarse el amparo de la necesidad de asegurar la rentabilidad del cultivo para justificar la aplicación de técnicas de cultivo de menor coste pero mayor impacto ecológico.

Podemos cuantificar cuales serían las consecuencias económicas de un cambio de este calado en la estructura de las explotaciones arroceras del humedal.

Así, basándonos en los valores de producción medios por Hectárea de arrozal en los últimos años y si consideramos una superficie aproximada de cultivo en tancats de 5.000 ha, tendremos que las pérdidas de producción de arroz se situarían entre las 39.800 y las 41.700 Tm/año. En cuanto a su valor económico bruto, a precios actuales y tomando como referencia el precio medio de los últimos 10 años, que es de 0,28 eur/kg, tendríamos una disminución de valor bruto de producción de entre 11.100.000 y 11.600.000 euros.

En lo que se refiere a los costes en subvenciones para la administración, en este caso no se consideraría, puesto que partimos de la premisa de que el régimen de subvenciones habría sido derogado previamente. En todo caso, resulta interesante estimar cuál sería su monto si hubiera seguido vigente, de modo que el ahorro en costes de subvención si se abandona completamente el cultivo de los tancats puede estimarse, a valor actual, en unos 5.575.000 eur/año, valor que se obtiene al considerar unas ayudas por pago único y una ayuda al cultivo sostenible de 1.115,7 eur/ha/año, que son los valores que derivan de la normativa de la Unión Europea vigente actualmente al respecto.

No disponemos de datos actualizados de costes de producción para la estimación de las pérdidas netas de rendimiento. A modo orientativo podemos remitirnos a los datos correspondientes al año 2000, incluidos en el apartado de agricultura de este documento. En estos se estimaba un coste de producción de 53,7 pts/Kg (0,32 eur/Kg), estimándose un precio de mercado de 0,27 eur/Kg, por cierto no muy lejano al actual. Bajo esos parámetros el rendimiento bruto del cultivo en los tancats antes de subvenciones se situaba en un valor negativo cercano a 1.886.000 eur. El rendimiento neto considerando las subvenciones vigentes en aquel momento se situaba en 1.508.000 eur lo que implicaba un coste para la administración en subvenciones de 3.595.000 eur. Cabe considerar no obstante que los costes de producción generan evidentemente una actividad económica importante, que a los valores indicados y considerando únicamente el área de los tancats se situaría en un valor próximo a 1.640.000 euros.

Nos encontramos así, como en el escenario anterior, una reordenación sustancial del sistema que en primera instancia puede parecer una evolución desfavorable del mismo. En realidad es una consecuencia lógica de las características ecológicas del sistema, pues como argumentábamos en el caso anterior, los tancats son zonas arroceras ganadas en tiempos relativamente recientes al lago y mantenidos en cultivo de manera forzada, tanto en términos ecológicos como económicos. Una estructura dual, con una zona más extensa de lago dotada de una orla de carrizal, incrementaría su funcionalidad ecológica, mientras que la reestructuración de las zonas de cultivo aseguraría la viabilidad de este, manteniendo así la estructura hidrológica que sostiene actualmente el funcionamiento del conjunto del sistema.

Estaríamos así ante una estrategia de gestión adaptativa, en la que ante unos cambios forzados en el sistema por variables no controlables se reordena el territorio y la actividad con el fin de adaptarse a tales cambios y al mismo tiempo optimizar su funcionamiento, recuperando entornos ecológicos cuya explotación agrícola ha perdido sentido en la actualidad. El resultado así podría considerarse satisfactorio, pues implicaría una recuperación, aun en condiciones climáticas adversas, de hábitats de gran interés.

En cuanto a otros factores del contexto socioeconómico, hemos considerado para este escenario un cierto incremento de la actividad industrial en el entorno del sistema, fruto de una coyuntura económica difícil que obligaría a recuperar actividades productivas aunque sean de bajo valor añadido. Esta actividad industrial consideramos que se desarrollaría en condiciones no óptimas desde el punto de vista ambiental, pues las condiciones económicas difíciles podrían implicar un relajamiento en los estándares medioambientales de las industrias, con el consiguiente mayor impacto ambiental derivado de estas actividades. Asimismo asumimos un incremento de la actividad urbanizadora, fruto de un contexto económico difícil que puede inducir la recuperación de esta actividad merced a una mayor laxitud en la normativa urbanística, en busca de fomentar actividades económicas alternativas.

En cuanto al contexto ecológico de este escenario, las condiciones de contorno antes definidas apuntan a un cambio de fisonomía del humedal significativo que, por tanto, debe analizarse adecuadamente para articular políticas de gestión óptimas.

Si se asume para este escenario el abandono total del cultivo en los tancats, la configuración resultante retrotraerá el sistema a una configuración similar a la que tenía a principios del siglo XIX, antes del inicio de las actuaciones de bonificación de los tancats.

Estaríamos considerando así un lago de l'Albufera de una extensión de alrededor de 8.000 ha, en el que en su perímetro, en función de la topografía del vaso, se formaría una orla de marjal de anchura variable, dominada por formaciones de carrizal.

Asimismo las 5.000 ha adicionales de superficie de lago obtenidas por abandono de los tancats presentan una característica muy destacada respecto de las 3.000 ha que actualmente tiene el lago: no presentan acúmulos de lodos contaminados. Es decir, se dispondría de una superficie adicional de lago, mayor que la actualmente existente, que no contiene un reservorio de contaminantes. Es difícil predecir cuál será la respuesta del sistema a esta nueva situación, pero cabe pensar que si se mantiene el sistema libre de vertidos se produciría un mayor nivel de dilución de los contaminantes procedentes del reservorio de lodos desplazando progresivamente el punto de equilibrio hacia concentraciones más bajas de contaminantes en la masa de agua del lago. Este sería un importante beneficio derivado de la reocupación de los tancats por el lago, que no olvidemos, era la configuración que tenía el sistema hasta el siglo XIX, en el que se inició el proceso de transformación de estos. Abundan en este sentido Álvarez Díaz *et all*. en su estudio reiteradamente citado[14], defendiendo la inundación permanente de los tancats como medida que contribuiría efectivamente a reducir el nivel de eutrofia del sistema, sobre todo si se combina con el dragado de los lodos.

En cuanto a los recursos hídricos necesarios para mantener la inundación permanente de la zona de tancats esto no supone un problema adicional, si se toma en consideración que actualmente se procede al llenado de los mismos elevando el nivel del lago mediante el manejo de las compuertas. Es decir, no se requieren recursos adicionales para mantener unos niveles aceptables, pudiendo incluso considerarse que se necesitarían menos recursos que los actuales, puesto que el ciclo de inundación-secado que actualmente se realiza requiere mayores recursos que los que serían necesarios para mantener los niveles de modo permanente.

En este sentido cabe apuntar la posibilidad de aportes de caudales limpios que contribuyan a aumentar la recirculación en el sistema y la dilución de los contaminantes. Dada la escasez de recursos en la cuenca prevista para este escenario, se aboga por la utilización de caudales depurados de buena calidad, que deberían aportarse a través de diversos puntos de la orilla oeste del lago para favorecer la hidrodinámica de este.

En cuanto a los recursos hídricos necesarios para mantener la lámina de agua en un lago de este tamaño, tal aspecto no supone un problema adicional si se toma en consideración que actualmente ya se procede al llenado de los mismos mediante la simple elevación del nivel del lago mediante el manejo de las compuertas. Es decir, no se requieren recursos adicionales para mantener unos niveles aceptables, pudiendo incluso considerarse que se necesitarían menos recursos que los actuales, puesto que el ciclo de inundación-secado que actualmente se realiza requiere mayores recursos que los que serían necesarios para mantener los niveles del lago en la nueva configuración.

Para las comunidades biológicas del sistema del humedal de l'Albufera esperamos la siguiente situación en el horizonte temporal considerado.

En cuanto a las comunidades vegetales del sistema, pueden considerarse distintas posibilidades de evolución en función de su tipología.

Para la vegetación terrestre, la intensificación prevista de la sequedad por la disminución del régimen de precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración producirá cambios, que esperamos más significativos en las comunidades forestales existentes en la zona de la restinga, en la que es previsible que las condiciones de sequía y una mayor incidencia de incendios forestales induzca la sustitución progresiva de la cubierta arbórea formada actualmente mayoritariamente por pino carrasco, por matorral termófilo. Consideramos asimismo para este escenario una disminución de superficies de vegetación natural derivada de un incremento de la actividad urbanizadora, fruto de un contexto económico difícil que puede inducir la recuperación de esta actividad en busca de rentabilidad económica.

Para las zonas dunares consideramos previsible un significativo retroceso de su extensión debido a la elevación de los niveles marinos que provocarán una reducción de la extensión de las zonas de playa y consecuentemente de los aportes de arena, no siendo descartable a su vez una reducción de su superficie derivada de la intensificación de la actividad urbanizadora descrita anteriormente.

Se descarta completamente para este escenario la recuperación de las comunidades de macrófitos sumergidos, ya que se consideran condiciones de calidad de las aguas inferiores a las actuales.

Las zonas de vegetación helófita en el entorno del lago no sufrirán grandes variaciones en cuanto a su composición florística pero si puede sufrirlos en cuanto a su distribución ya que el escenario planteado, implicaría un cambio significativo en la configuración de la vegetación del entorno del lago en caso de que se recuperara para este las actuales superficies de tancats. El abandono del cultivo y la eliminación de las motas que actualmente separan los tancats del lago implicarían la inundación permanente de estos, ampliando significativamente la extensión de aquel. En su perímetro se crearía, en función de la topografía del terreno, una orla de vegetación de marjal que conformaría una zona de transición entre las zonas de cultivo de arroz más elevadas y el propio lago.

Así, el escenario quedaría en este sentido configurado por un lago de mayor extensión con una orla de anchura variable de vegetación formada mayoritariamente por carrizal (*Phragmites sp.*). Su topografía dependería de las parcelas de cultivo que se incorporaran al mismo. Se incluye en este documento un anexo cartográfico en el que se han realizado mediante un sistema de información geográfica simulaciones de la posible geomorfología resultante, sobre la base de un modelo digital del terreno construido a partir de un levantamiento topográfico de precisión a escala 1:2.500 proporcionado por la Confederación Hidrográfica del Júcar. En el mismo se determina la configuración del sistema al determinar que parcelas quedarían salinizadas en función de la variación prevista en el nivel de base del sistema por los cambios en el nivel del mar.

El escenario para las comunidades faunísticas, sobre todo la avifauna, que constituye el valor más representativo de este espacio natural, está estrechamente vinculado, como es lógico, a la situación del resto de parámetros, pero especialmente a la evolución del régimen hídrico, la actividad agrícola y de las comunidades vegetales, aunque estos son factores interrelacionados estrechamente, como hemos visto.

Así en el escenario previsto, considerando el abandono total del cultivo del arroz en la zona de tancats, la elevación de los niveles marinos y la consiguiente reconfiguración del lago, como se ha descrito en el apartado anterior, implicará un cambio en la composición y disponibilidad de recursos alimentarios, especialmente para las especies vinculadas directamente a estos hábitats. Para este escenario consideramos que la significativa reducción de la superficie de cultivo arrocero y su sustitución por zonas de carrizal y de lámina de agua abierta puede modificar la composición de las poblaciones de avifauna existentes en el ámbito de l'Albufera. La reducción de la producción arrocera afectará sobre todo a limícolas y ardeidas, por lo que cabría esperar una reducción de sus poblaciones. Las anátidas podrían verse favorecidas por el incremento de las áreas de carrizal, aunque también dependen de los recursos del arrozal para su alimentación, aunque en menor medida que los grupos antes citados. Las especies que basan su alimentación en recursos acuáticos verían incrementados los recursos disponibles, por la mayor extensión de la lámina de agua.

Para la fauna piscícola se prevé para este escenario una situación un tanto contradictoria. Por un lado sería esperable un aumento de sus poblaciones, por la mayor extensión disponible de lámina de agua pero, por otro lado, las condiciones de calidad de ésta, todavía con un alto nivel de eutrofia y con una mayor probabilidad de episodios de anoxia debido a la menor tasa de renovación, compensaría la expansión de las superficies disponibles, al reducir la productividad y detraer así recursos alimenticios y hábitats para estas especies.

Respecto a la posibilidad de un incremento significativo en la presencia de especies marinas en el ámbito del lago, como era habitual en épocas pasadas, no la consideramos probable en este escenario, debido a que el nivel de salinidad del agua del lago no alcanzaría valores suficientemente elevados para este tipo de especies y a que la configuración de las salidas del lago a través de las golas, que asumimos que mantendrán una configuración similar a la actual, dificulta el tránsito de las especies marinas, reduciendo así las posibilidades de implantación de estas especies en mayor número.

En cuanto a las poblaciones de anfibios que habitan el sistema, la reducción de áreas húmedas debido a la mayor sequedad ambiental puede afectar a sus poblaciones, provocando reducciones en las mismas.

En cuanto a mamíferos y reptiles, no son esperables grandes variaciones en su situación respecto de la actual, aunque las especies de reptiles mejor adaptadas a condiciones de aridez podrían encontrar una mayor disponibilidad de hábitats adecuados.

También deben considerarse aquí los cambios que se producirían en la actividad cinegética, a consecuencia de la referida reordenación de parte de los tancats, ya que estos desempeñan un papel destacado en tal actividad, ya que en ellos se instalan algunos de los vedats de mayor actividad en este sentido.

Propuestas de alternativas de gestión.

La coyuntura generada por los procesos descritos en el epígrafe anterior obliga a considerar las posibles estrategias de gestión que pueden aplicarse con objeto de tutelar estos procesos de cambio y evolución.

Una reconfiguración del territorio, de la envergadura de la considerada para este escenario, exige ineludiblemente una adecuada planificación y gestión del proceso, con objeto de optimizar el funcionamiento ecológico del sistema.

Un abandono incontrolado de las zonas de cultivo de los tancats tendría consecuencias ecológicas negativas, al crearse zonas de eriales que probablemente serían invadidas por vegetación ruderal y que tendrían un régimen de inundación irregular.

Descartamos, para este caso, la opción de mantener las motas en su configuración actual y la recreación de ambientes de marjal mediante la reconfiguración de la morfología del terreno y el control de los actuales sistemas de bombeo para mantener un régimen de inundación adecuado, dado que en este escenario se está planteando el abandono total del cultivo en los tancats, por lo que la superficie a gestionar sería mayor que en el caso anterior, implicando mayores costes de gestión.

No basta tampoco con eliminar las actuales motas de contención y dejar que el lago ocupe sin más toda la extensión de los tancats. Un adecuado reperfilado previo del terreno daría lugar a una mayor diversificación de hábitats, permitiendo así albergar un mayor número de especies y mayores poblaciones. Cabe recordar que una mayor superficie de lámina de agua no implica necesariamente mayor calidad ecológica, aunque pueda resultar más atractiva paisajísticamente.

En el mapa siguiente se puede apreciar cual sería la extensión del lago si consideramos la inclusión de los tancats afectados por los procesos de salinización.

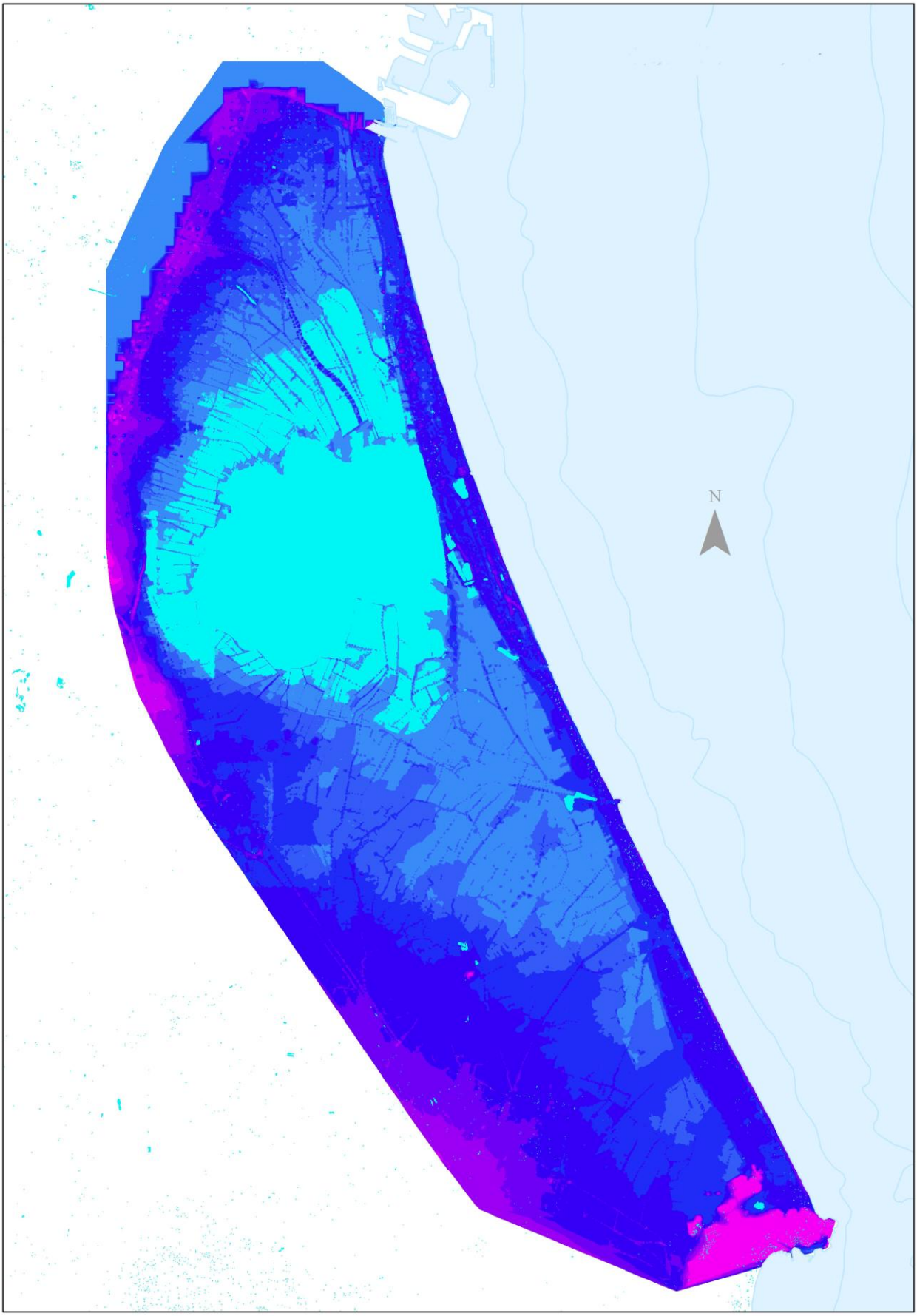


Fig.70. Extensión del lago en el escenario 2 (En color azul turquesa)

En consecuencia nuestra propuesta de gestión para este escenario consiste en la retirada de las motas perimetrales que actualmente separan los tancats del lago, permitiendo la inundación permanente de estos. Previamente se debe proceder al reperfilado de las actuales zonas de tancats, retirando en su mayor parte la capa de tierra aportada para su bonificación, creando con esta un perfil irregular en el vaso del lago, de manera que se creen islas que permitan el desarrollo de vegetación y la nidificación de aves, asegurando a su vez que el perfil de los taludes perimetrales sea el adecuado para crear ambientes de carrizal seminundado que permitan albergar una zona de transición con comunidades de marjal. Asimismo el perfil de los taludes deberá ser diseñado de modo que, en aquellos lugares en que sea necesario, tengan mayor anchura, con objeto de separar las zonas de arrozal alto colindantes y de crear al mismo tiempo zonas de prados húmedos habitables por limícolas y ardeidas, con lo que se compensaría en parte la pérdida de recursos alimentación de estos por la reducción del arrozal.

Se plantea aquí, al igual que en el caso del escenario anterior, la evaluación de los costes de esta propuesta de gestión.

Cabe analizar en primer término los aspectos relacionados con los derechos de los actuales propietarios de los terrenos de los tancats en los que se producirá el abandono forzado por del cultivo.

En el escenario planteado, la rentabilidad de los terrenos de los tancats para los propietarios sería nula, al considerar inviable el cultivo, tanto del arroz como de otras especies. No cabría así hablar de compensaciones por lucro cesante u otros conceptos de este tipo, pues la pérdida de rentabilidad no es fruto en este caso de una decisión de la administración, sino de causas sobrevenidas fruto del cambio de las condiciones ambientales.

La administración podría plantear así compensaciones a los propietarios por el abandono de sus terrenos, no como una compensación por la expropiación de estos, sino como una manera de exonerar a los propietarios de las cargas derivadas del abandono forzado del cultivo, adquiriendo los derechos sobre los terrenos a un precio razonable.

De hecho cabe recordar aquí una vez más que los tancats tienen su origen en aterramientos del lago realizados inicialmente contra la voluntad de la Corona, en aquel tiempo titular del predio, que fueron legalizados a posteriori mediante un procedimiento legal “ad hoc” que otorgo títulos de propiedad a cambio de pagos a aquella.

Por lo tanto, en nuestra opinión estaríamos ante un proceso de reversión de la titularidad de los terrenos de los tancats a la propiedad pública. Tal proceso lo consideramos viable económicamente, más si se tiene en cuenta que los precios de compensación no tienen por qué ser los actuales precios de mercado, ya que estos corresponden a terrenos en plena producción, mientras que en el escenario considerado la rentabilidad agrícola de los mismos debería considerarse como nula, lo cual implicaría costes de compensación inferiores.

A efectos comparativos, podemos estimar los costes de compensación a precios actuales. Asumiendo un precio medio de la tierra en el promedio del registrado en los últimos años, que se sitúa en el entono de los 26.500 euros/hectárea, el coste de adquirir las

aproximadamente 5.000 ha de tancats que se prevé abandonar en este escenario, ascendería a alrededor de 132.500.000 de euros. En este escenario, al contrario que en anterior, no es posible considerar el ahorro de costes en subvenciones como fuente de compensación, pues se hemos asumido la desaparición de las mismas por las nuevas tendencias de política económica de la UE. Por consiguiente, la administración debería asumir el coste íntegro de compensación.

Como orientación, cabe considerar que los pastizales de regadío, a los que se podría equiparar los tancats abandonados, tienen un precio en 2013 de 10.220 eur/ha, lo que dejaría el coste de compensación de las 5.000 ha. de tancats en alrededor de 51.000.000 eur, cantidad bastante inferior a la anterior.

Por otra parte habría que considerar los costes derivados de las obras de adecuación, que aunque no serían muy elevados, dado que se trataría únicamente de movimientos de tierras a realzar con maquinaria pesada, hay que tomar en consideración. Así podemos estimar que la remoción y reordenación de una capa promedio de 0,1 m de espesor en toda la superficie de los tancats tendría, considerando un coste de 1,8 eur/m3, un coste total aproximado de 10.000.000 de euros, cantidad que se estima suficiente, para la reordenación del ámbito considerado.

Por otra parte hay que considera medidas adicionales de gestión que permitan proseguir con la recuperación del humedal hacia una situación de calidad al menos equiparable a la que contaba a principios del siglo XX.

La extensión de la superficie del lago por sí misma no supone una mejora sustancial si no se incide en la corrección de las actuales deficiencias del sistema. Así los niveles de calidad de los recursos, sobre todo en lo referente al contenido en nutrientes, continuarían siendo deficientes, lo que obliga a considerar la realización de políticas de gestión que incidan en estos factores.

Se hace necesario así adoptar las medidas adecuadas para corregir las deficiencias en la calidad de los recursos, garantizando el tratamiento de todos los efluentes procedentes de las zonas urbanas e industriales en el entorno del sistema, como modo de evitar la entrada al mismo de sustancias contaminantes. Asimismo se deben implementar metodologías de cultivo, tanto en el arrozal como en las zonas citrícolas de la cuenca, que reduzcan las aportaciones de nutrientes y sustancias tóxicas provenientes de esta actividad.

Será en todo caso fundamental revisar las políticas de planificación hidrológica en la cuenca, adaptándola a la nueva coyuntura, que exigirá ineludiblemente una reasignación de recursos, que debería tener como finalidad dotar adecuadamente al sistema del humedal de caudales suficientes para garantizar una adecuada tasa de renovación del os recursos, sin perjuicio de dotar suficientemente las demandas de riego, aunque estas deberían adaptarse a nuevos cultivos y nuevos métodos de riego.

Asimismo deben mantenerse las restricciones a la actividad urbanizadora en el ámbito del humedal, manteniendo los niveles de suelo sellado en valores próximos o menores a los actuales, mediante la eliminación de aquellas áreas urbanas degradadas actualmente que son fruto del desarrollo incontrolado producido en las décadas de los 60 y 70 en la zona.

El control ambiental de las actividades industriales en el entorno será fundamental para evitar los impactos derivados de estas actividades, sobre todo los relacionados con los vertidos de aguas residuales que aportan contaminantes a las masas de agua del sistema.

Enfoque preventivo.

Como en el caso del escenario anterior, una alternativa racional es pensar qué medidas se pueden adoptar en el intervalo temporal comprendido entre el momento actual y el horizonte temporal establecido, para que siendo conscientes de la factibilidad del escenario, implementar medidas y políticas que reduzcan su probabilidad de ocurrencia.

Es decir, cabe preguntarse si podemos empezar ya a gestionar tal escenario, pues es más factible reducir sus potenciales impactos mediante políticas preventivas que paliativas.

Como ya se ha indicado hay que considerar varios niveles de decisión. En el primero se encontrarían las decisiones de política global que inciden en los niveles de emisiones de gases invernadero a la atmosfera y consiguientemente, en los procesos de cambio climático global. Es evidente que una reducción de emisiones que redujera sustancialmente el incremento de temperaturas reduciría los impactos previstos sobre el sistema.

El siguiente nivel de decisión tendría rango regional y consiste en las políticas de gestión del sistema que pueden adoptarse ya para mitigar en lo posible los efectos de los procesos de cambio global. En este caso una política hidrológica adecuada y una ordenación de usos correcta son fundamentales para tal finalidad. La asignación eficiente de recursos hídricos para los diversos usos existentes es fundamental para la supervivencia del sistema.

La adecuada monitorización del sistema, con un seguimiento específico de los niveles de calidad de los recursos, en especial de los procesos de salinización y de las variaciones de los niveles marinos constituye un elemento indispensable a la hora de implementar actuaciones de gestión con una base empírica suficiente y adecuada.

Escenario: Escenario 3.

Horizonte temporal: año 2050.

Tipo de Escenario: Escenario +favorable.

Se considera para este escenario una evolución más favorable a la conservación del humedal en su configuración actual. Para ello se asumen las previsiones correspondientes a los escenarios de emisiones de gases invernadero que contemplan incrementos menores y por tanto cambios moderados en los factores climáticos.

En cierto modo puede considerarse como escenario de contraste respecto a los dos anteriores, al configurar una coyuntura con menores cambios respecto a la situación actual. Asimismo es utilizado como referencia de cuál podría ser la evolución del sistema si se adoptan en el plazo considerado políticas de gestión adecuadas respecto de aquellas variables sometidas al manejo antrópico.

En base a las tendencias establecidas para cada variable en el apartado anterior, el escenario queda configurado por las siguientes condiciones de contorno:

Variables directrices.

Clima

- Temperatura.

Incremento de la temperatura media del orden de 1ºC, repartido de forma desigual a lo largo del año, con un mayor incremento en verano y otoño respecto a la primavera e invierno.

- Precipitación:

Valores de precipitación en el entorno de 475 mm anuales o ligeramente inferiores.

- Evaporación

Valores de evaporación ligeramente superiores a los actuales, asumiendo un valor de incremento de alrededor del 5%.

Nivel del mar.

Elevación de +0,05 m respecto a la referencia del año 2005.

Variables subordinadas.

Balance hidrológico.

Aportes de recursos algo superior al actual, en el entorno de los 550 Hm3/año.

Balance de salidas similar al actual, predominando las salidas por las golas y manteniéndose regulación mediante compuertas.

Tasa de renovación de la masa de agua similares a las actuales o ligeramente inferiores.

- Calidad de los recursos hídricos

    - Procesos de Salinización.

Salinización susceptible de impedir el cultivo del arroz en todos los terrenos en el entorno del lago cuya cota, incluyendo el nivel de lámina de agua en fase de cultivo, se sitúe por debajo del valor del nivel del mar previsto para este escenario.

    - Nivel de eutrofia.

Disminución significativa de los niveles de eutrofia del sistema, consecuencia de ejecución de actuaciones concretas para su reducción.

    - Metales pesados y otras sustancias tóxicas.

Contenidos en metales pesados significativamente inferiores al actual. Reducción de la presencia de sustancias tóxicas provenientes de pesticidas.

Variables dependientes.

Actividad agrícola.

- Cultivos y régimen de explotación.

Disminución en unas 1.000 ha. de las superficies de cultivo de tancats por salinización de los mismos. Régimen de propiedad similar al actual o con un ligero incremento de la concentración. Estructura de cultivo similar a la actual. Incremento de superficies de cultivo de Kaki a niveles similares a los del naranjo. Implantación generalizada de sistemas de riego localizados.

- Evolución de los mercados del arroz y políticas agrarias UE.

Demanda, en torno a un 5% inferior a la actual.

Mantenimiento del régimen de ayudas de la Unión Europea, con una orientación hacia el cultivo ecológico.

Variables socioeconómicas.

Demografía.

Niveles de población superiores en un 5% a los actuales.

Régimen de ocupación del territorio.

Incremento de un 3% del suelo sellado. No se contempla incremento de la superficie urbanizada en el ámbito del Parque Natural.

Actividad industrial.

Nivel de actividad similar al actual, aunque asumiendo un proceso de sustitución de los sectores tradicionales y relocalizándolas hacia polígonos industriales con infraestructuras adecuadas. Se considera así una menor incidencia ambiental del sector sobre el humedal.

Actividades terciarias.

Nivel de actividad turística algo inferior al actual. Nivel de actividad comercial similar al actual en el entorno de la pista de Silla.

Análisis y valoración del escenario.

Consideramos en este escenario los valores evolución climática más favorables dentro de los contemplados en las previsiones del IPCC, entendiendo por favorables aquellos correspondientes a escenarios de emisiones similares a las actuales y en los que consecuentemente el incremento de temperaturas es menor.

Consecuentemente, el resto de parámetros subordinados mantiene valores muy similares a los actuales, con un valor de ascenso del nivel del mar de 0,05 m, que puede considerarse un valor muy moderado. Los valores caracterizadores del funcionamiento hidrológico del sistema presentan a su vez pocas variaciones respecto a los actuales, con volúmenes de aportes similares e incluso, algo superiores, consecuencia ésta de considerar un proceso progresivo de sustitución parcial de los cultivos de cítricos por el del kaki, menos exigente en riego, así como la implantación mayoritaria de nuevas tecnologías de riego que implican un menor consumo de recursos.

Las salidas del sistema se mantendrán asimismo en valores similares a los actuales o ligeramente superiores, considerando el incremento de los aportes, ya que se mantiene la configuración de las golas, con una alta capacidad de regulación consecuencia de los sistemas de compuertas. Las pérdidas por evaporación se situarían en valores similares a los actuales. En consecuencia, la tasa de renovación de los recursos del sistema se situaría así también en valores similares a los actuales o ligeramente superiores.

En cuanto a la calidad de los recursos, el hecho más destacable es que la incidencia de los procesos de salinización de los recursos hídricos y suelos del sistema será más baja que en escenarios anteriores, pero aun así significativa, ya que la elevación prevista del nivel del mar aunque es de solo 0,05 m respecto de los niveles de referencia, conllevará que se salinicen todos los terrenos de cultivo de cota inferior a -0.25 m.

En el siguiente mapa se ha realizado una simulación de las áreas de tancats que se verían afectadas por este proceso de salinización.

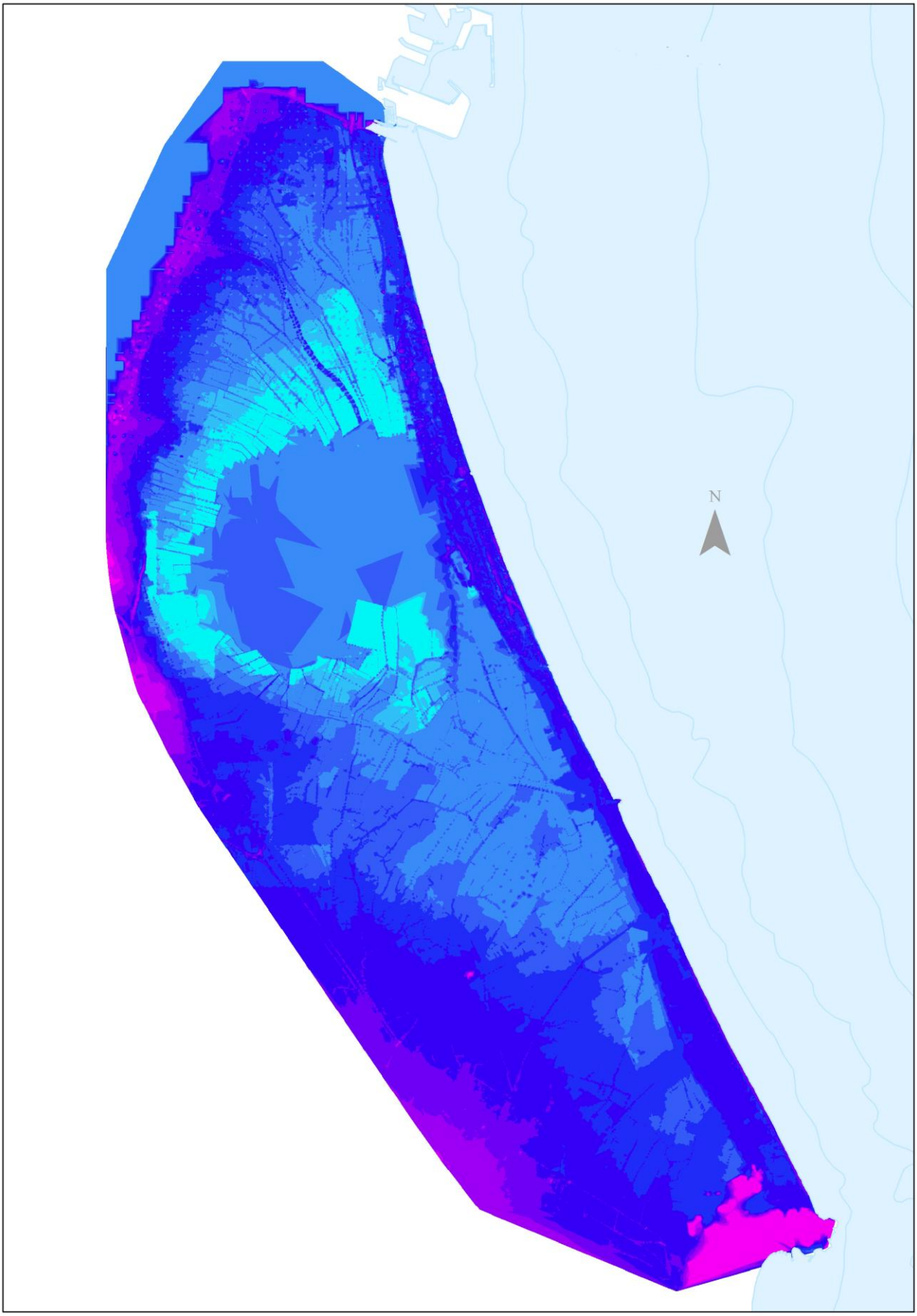


Fig. 71. Tancats afectados por procesos de salinización en escenario 3 (en color turquesa).

Se puede apreciar cómo la superficie afectada es significativa, de alrededor de una 1.000 ha. Es decir, los procesos de salinización, que ya se desarrollan en la actualidad, se consideran inevitables aun en las condiciones de contorno más favorables que podemos asumir con un mínimo grado de certeza.

El resto de los parámetros de calidad del recurso hídrico se estima que podrían contemplar mejoras respecto a la situación actual. Así, se considera una mejora en los contenidos en nutrientes, fruto de la implantación total de sistemas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca de aporte, de la aplicación de técnicas agrícolas adecuadas que reduzcan el aporte de fertilizantes y de la realización de dragados de los lodos acumulados en el fondo del lago. El dragado se considera una actuación fundamental de mejora, pues eliminaría definitivamente los reservorios que constituyen los depósitos de lodos. Sin embargo es una actuación cuya realización se debe valorar con cautela, pues implica un elevado coste y puede a su vez tener efectos colaterales negativos sobre el propio ecosistema.

Por lo que respecta al contenido en metales pesados se considera asimismo una ligera disminución de los contenidos, por el mismo hecho de que se completen las instalaciones de tratamiento y por otra parte por el desarrollo de procesos de fijación por adsorción del reservorio existente en los lodos por los aportes de materiales arcillosos procedentes de la cuenca vertiente.

Respecto a los factores socioeconómicos, consideramos una actividad en la que se produciría una reducción de las superficies cultivadas, aunque inferior a las consideradas para los escenarios anteriores. Prevemos el mantenimiento del régimen de subvenciones al cultivo arrocero en cuantías equiparables o incluso superiores a las actuales, orientándolo hacia la promoción del cultivo ecológico. En tal coyuntura, se produciría un menor desarrollo de los procesos de concentración parcelaria, pues desaparecen en parte los incentivos derivados de los costes básicos de producción, al resultar estos compensados por el régimen de subvenciones.

Es importante considerar a este respecto que contemplamos para este escenario que las subvenciones al cultivo se mantienen bajo la exigencia de que el cultivo del arroz se lleve a término íntegramente mediante técnicas de agricultura ecológica, lo que incidiría en la mejora ambiental del sistema, al reducirse sustancialmente las aportaciones de fertilizantes y pesticidas durante las fases del cultivo.

Respecto a la actividad industrial se contempla una posible recuperación de esta en el entorno del sistema, pero sin incidencia directa en el mismo, pues consideramos que ésta se desarrollaría bajo estándares ambientales exigentes, lo que minimizaría la incidencia de la misma sobre el sistema.

El factor demográfico no augura para este escenario una incidencia significativa respecto a los valores actuales. Las actividades terciarias, principalmente el turismo puede tener un ligero incremento en su nivel de actividad, pero para este escenario consideramos la pervivencia de un nivel de ordenación territorial y de protección ambiental alto, lo que nos lleva a su vez a contemplar una escasa repercusión de las actividades urbanizadoras en el ámbito territorial considerado.

Procede hora considerar cual será la configuración de los factores ecológicos en este escenario, sobre la base de las condiciones de contorno descritas. Siendo como se ha indicado un escenario continuista, muy similar al actual no cabría esperar grandes cambios en la composición de las comunidades vegetales y faunísticas que actualmente conforman el ecosistema de l'Albufera. Dado que asumimos que las superficies de lámina de agua se mantendrán con un nivel de cobertura similar al actual, no son esperables grandes cambios en la distribución y superficies ocupadas por las especies vegetales y las comunidades faunísticas asociadas a los mismos.

Sin embargo si asumimos que los niveles de eutrofia disminuirán significativamente, por la realización de actuaciones de dragado y de aportes de caudales limpios al sistema, podríamos aventurar para este escenario la recuperación aun en parte de las comunidades de macrófitos sumergidos que habitaban el sistema en épocas anteriores y consecuentemente la mejora de la fauna vinculada a los mismos.

La vegetación terrestre tampoco es esperable que sufra grandes cambios en su configuración, pues se consideran condiciones climáticas muy similares a las actuales, únicamente cabria espera un incremento del riesgo de incendios forestales en las zonas de pinar de la restinga, consecuencia del ligero incremento e temperaturas que se considera para este escenario.

En cuanto a la fauna, por las mismas razones expuestas con anterioridad son esperables algunos cambios en la configuración del sistema, pues como ya se ha comentado se postula la recuperación de las formaciones de macrófitos sumergidos, lo que comportará la mejora de las comunidades faunísticas vinculadas a estas.

Consideramos la posibilidad de un ligero incremento de las poblaciones de avifauna, aunque los limícolas y ardeidas podrían verse parcialmente afectados por la reducción del arrozal.

Nos encontramos en síntesis ante un escenario que aunque podría tildársele de voluntarista, no sería del todo irrealizable. Aunque no es posible incidir en los procesos de cambio climático de forma directa, si es posible adoptar algunas de las medidas correctoras contempladas en este y que conllevarían mejoras paliativas sustanciales. De hecho el objetivo primero cuando se concibió este escenario era servir de contraste y de valoración de la posible incidencia de medias de gestión activas encaminadas a la mejora del sistema.

Es por tanto un escenario cuya mayor utilidad consistiría en mostrar la conveniencia de adoptar medias de actuación adecuadas para paliar los efectos de los procesos de cambio analizados en este documento, desde aquellos de escala global y que atañen a los diferentes niveles de gobierno, en cuanto a las medidas a adoptar para reducir las emisiones, a aquellos de escala regional que deben considerar la adopción de políticas adecuadas de gestión hidrológica y del territorio y de regulación de las actividades desarrolladas en el ámbito del sistema.

Propuesta de alternativas de gestión.

Como se ha expuesto en el apartado anterior, este escenario implica menores cambios en la configuración del sistema de l'Albufera respecto a los escenarios anteriores. Sin

embargo, ello no implica que no sea necesario articular para el mismo políticas de gestión adecuadas, con objeto de mejorar las condiciones ecológicas del sistema y optimizar los recursos de este.

El hecho de que en este escenario el sistema no se aparte en gran medida de su configuración actual, no significa que se trate de un contexto exento de problemática. Al contrario, como se ha mostrado al configurar el escenario de base, el sistema de l'Albufera es un sistema con una grave problemática ambiental, que se halla muy lejos de recuperar siquiera la configuración que tenía a principios del siglo XX, que aun siendo un estado muy transformado y alejado de su configuración natural, tenía un alto nivel de calidad ambiental.

Aunque se ha considerado para este escenario una coyuntura de gestión favorable, en la que en el periodo comprendido entre la actualidad y el horizonte temporal considerado se adoptan políticas de gestión encaminadas a mejorar la situación ecológica del humedal, es necesario adoptar medidas adicionales con el fin de progresar aún más en su recuperación, corrigiendo las deficiencias actualmente existentes, sobre todo en lo que respecta a la dotación y calidad de los recursos hídricos del sistema.

Así, se haría necesario implementar una planificación hidrológica de cuenca que tome en consideración las necesidades reales del sistema del humedal, de modo que se garantice las aportaciones de caudal suficientes para mantener unos niveles de calidad adecuados a las características del enclave. Habría que garantizar tasas de renovación de los recursos suficientes para evitar situaciones de anoxia y explosiones algales por exceso de nutrientes. Tales caudales podrían obtenerse de los excedentes liberados en la cuenca por los cambios de cultivo y de tecnologías de riego, así como los efluentes de depuradora que reúnan condiciones de calidad. No son descartables las aportaciones directas desde zonas de cabecera de los sistemas de riego del Júcar, a través de canalización directa, garantizando así el aporte de recursos con menor contenido de sustancias residuales del cultivo agrícola.

Será fundamental mantener e incrementar en su caso, como se ha supuesto para este escenario, la aplicación de técnicas de cultivo adecuadas, que minimicen el uso de fertilizantes y pesticidas en el cultivo del arrozal, así como en las zonas de cultivo citrícola situadas en la cuenca.

Asimismo deben mantenerse las restricciones a la actividad urbanizadora en el ámbito del humedal, manteniendo los niveles de suelo sellado en valores próximos o menores a los actuales, mediante la eliminación de aquellas áreas urbanas degradadas actualmente que son fruto del desarrollo incontrolado producido en las décadas de los 60 y 70 en la zona.

El control ambiental de las actividades industriales en el entorno será fundamental para evitar los impactos derivados de estas actividades, sobre todo los relacionados con los vertidos de aguas residuales que aportan contaminantes a las masas de agua del sistema.

Merece especial mención la problemática de los procesos de salinización de las aguas y suelos en el sistema. Aunque este escenario contempla una menor incidencia de estos procesos, debido a que la elevación prevista del nivel del mar es menor y a que se contempla una mayor disponibilidad de recursos hídricos, se producirá afección a una parte de la zona de tancats, situados a menor cota respecto al nivel del mar. La zona afectada tendría unas 1.000 ha de superficie, lo que obliga, como en los escenarios

anteriores, a plantear alternativas de gestión para los mismos, con el fin de optimizar su funcionamiento ecológico.

Al igual que en los escenarios anteriores, el abandono sin más del cultivo en estas tierras o el cambio hacia otros cultivos debe descartarse de inicio, ya que conduciría o bien a la instalación de comunidades ruderales de bajo valor ecológico o al mantenimiento de cultivos de baja rentabilidad en condiciones forzadas.

Por otra parte cabe tener en cuenta que en este caso la superficie de cultivo que se debería abandonar es más reducida que en los casos anteriores, ya que correspondería aproximadamente a un 20% del total de los tancats y a un 6% del total del arrozal de l'Albufera. El hecho de que se mantenga el cultivo en el resto de tancats condiciona las opciones de gestión para este ámbito.

Por ello consideramos como opción más factible para este escenario sería la de desplazar la mota actual hasta el perímetro de los tancats en los que se debe abandonar el cultivo, dejando que el lago pase a ocupar estas superficies.

No obstante, al igual que en los escenarios anteriores, sería conveniente aprovechar las tierras aportadas que cubren actualmente el fondo de los tancats para reconfigurar el fondo de estos, evitando los perfiles en cubeta mediante la creación de taludes de menor pendiente y creando una zona "ancha" de transición entre el perímetro del lago y la zona de tancats que se mantiene en cultivo.

Ello permitiría instaurarse una orla de vegetación helofítica que serviría para diversificar hábitats y favorecer a las poblaciones de avifauna existentes en la zona.

Se plantea aquí la misma problemática en cuanto a la adquisición de los terrenos y el coste de las obra a realizar, remitiéndonos a este respecto a los análisis realizados en los escenarios anteriores que resultan obviamente de aplicación a este caso, ajustando los costes en función de la superficie. Es obvio que esta situación implica menores costes y sería más viable en su ejecución que las anteriores.

Enfoque preventivo.

Consideramos aquí posibles actuaciones de gestión que pudieran realizarse en el intervalo temporal previo a l horizonte del año 2050, con el fin de minorar la degradación del sistema del humedal.

Para este escenario se ha asumido que en el intervalo temporal previo al horizonte del año 2050 se han realizado actuaciones de dragado de los lodos existentes en el lago, lo que habría permitido la reducción sustancial del nivel de eutrofia del sistema y de los contenidos en materia orgánica. Se trata de una actuación compleja, como analizamos en detalle en el correspondiente apartado de este estudio, que puede presentar efectos colaterales en el sistema si no se lleva a término adecuadamente. Sin embargo coincidimos con la opinión de Álvarez Díaz, C. *et all*., 2010, en cuanto a que se trataría de una actuación fundamental de cara a mejorar definitivamente la calidad de los recursos hídricos del sistema. Su elevado coste y los posibles efectos colaterales, hacen difícil su ejecución, por no por ello se debería descartar ésta.

8. Conclusiones.

Tras describir la evolución seguida por el sistema del humedal de l'Albufera de Valencia en época histórica, en la que pasa de ser una laguna salobre, vinculada en gran medida a la dinámica marina, a ser lo que podría describirse certeramente como un artefacto antrópico, de aguas dulces hipertróficas, en el que su funcionamiento depende enteramente del manejo de los grandes sistemas de riegos del Júcar y del Turia, se ha procedido a diagnosticar, en base a la información disponible, su situación actual, llegando a la conclusión general de que se trata de un sistema que ha sufrido un fuerte deterioro a partir del último tercio del siglo XX y que en la actualidad dista mucho de recuperar la calidad ambiental que presentaba a principios de dicho siglo.

El sistema del humedal de l'Albufera mantiene su característico alto grado de artificialización y, aunque se han reducido sustancialmente los impactos negativos desde que se le dotara de medidas de protección con su declaración como Parque Natural en 1986, todavía no cabe más que calificar su estado como de deficiente.

Así, si consideramos el elemento fundamental que caracteriza a un humedal como es su régimen hidrológico, tendremos que la dotación de recursos presenta una clara tendencia a la baja en los últimos años y que los niveles de calidad, aunque muestran cierta mejora, se halla lejos de los valores óptimos. L'Albufera de Valencia se describe hoy como una laguna litoral hipertrófica y fuertemente antropizada.

Se ha procedido a continuación en este estudio a proyectar la posible evolución del humedal en un horizonte temporal a medio plazo que se ha establecido en el año 2050.

Se han analizado en consecuencia los factores de cambio que podían determinar la evolución del sistema, determinando que el principal factor de cambio lo constituían los procesos de cambio climático global, que influían determinantemente en la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en el sistema así como en los niveles marinos condicionando así los procesos ecológicos propios del mismo. Se pasa así de un sistema condicionado en los últimos años fundamentalmente por la influencia de la actividad antrópica en el entorno, a unos cambios impulsados en mayor medida por factores físicos fuera del control humano.

No quiere decirse con ello que la gestión antrópica deje de ser determinante en el funcionamiento del humedal, sino que los impactos negativos previstos sobre el humedal en esta ocasión no son consecuencia de esta, sino de procesos de cambio global, aunque estos, a su vez, son en última instancia producto de la actividad humana.

A partir de la información disponible se han identificado las variables fundamentales que determinan la evolución del sistema, realizándose un análisis de las tendencias de las mismas.

Utilizando la metodología de escenarios aplicada al estudio de sistemas naturales, se ha procedido a construir tres escenarios que mostrarían la configuración del sistema en el horizonte temporal del año 2050. Responde cada uno de ellos a tres premisas de partida distintas.

El primero de ellos se construye a partir de los valores tendenciales de las variables fundamentales, constituyendo así el escenario con mayor probabilidad de ocurrencia. Este escenario muestra como factor más destacado la progresiva salinización de los recursos del sistema, derivada de la elevación del nivel del mar y de la disminución de las tasas de renovación, lo que tendría como efecto más destacado la imposibilidad de desarrollar el cultivo del arroz en una parte significativa de la zona de tancats. Asimismo no se espera para este escenario una mejora sustancial del resto de parámetros hidrológicos, considerándose una disminución de los recursos hídricos disponibles y el mantenimiento de niveles bajos de calidad de los mismos.

El segundo escenario se construye a partir de las perspectivas más negativas de evolución que presentan las distintas variables, mostrando así una mayor afección de los procesos de salinización y unos niveles de dotación de recursos hídricos inferiores a los del escenario tendencial, así como unos niveles de calidad todavía más deficientes. El hecho más destacado en este escenario es que los procesos de salinización obligarían al abandono del cultivo del arroz en todo el ámbito de los tancats, modificando sustancialmente su configuración respecto a la actualidad.

En ambos escenarios se descarta, por considerarla inviable en la actualidad, la posibilidad de revertir el funcionamiento hidrológico de l'Albufera a su estado anterior al siglo XVI, conectándola de nuevo a la dinámica marina y pasando en consecuencia a convertirse en un lago salobre.

Para el tercer escenario se ha asumido una evolución en la que se produce una menor desviación de los valores de los parámetros respecto a los que presentan en la actualidad, asumiendo a su vez que se desarrollan unas políticas de gestión encaminadas a mejorar las condiciones ambientales del sistema. Se define este como escenario más favorable y para el mismo se adoptan las menores variaciones en el régimen climático de las contempladas en las previsiones actualmente disponibles. Aun así, el estado del sistema en este escenario dista del óptimo al que cabría aspirar para el mismo, ya que se mantienen tanto la incidencia de procesos de salinización como un nivel de calidad de las aguas no aceptable, aunque mejor que la del resto de escenarios. Este escenario presenta como elemento destacado que entre las medidas de gestión se incluye el dragado de los lodos existentes en el fondo del lago, con lo cual se elimina el reservorio de sustancias contaminantes, mejorando la calidad de las aguas.

Para cada uno de los escenarios se proponen medidas de gestión, concluyéndose al respecto que en los casos en que se produce el abandono del cultivo del arroz en la zona de tancats se deben desarrollar una serie de intervenciones encaminadas a optimizar la nueva configuración resultante, consistentes básicamente en crear una mayor diversidad de ambientes en la zona periférica del lago, tras permitir la ocupación por este de las nuevas superficies.

Se han analizado para cada una de estas opciones de gestión los costes socioeconómicos que conlleva, considerando que estos serían perfectamente asumibles teniendo en cuenta el valor estratégico del humedal.

L'Albufera de Valencia es un ecosistema de gran valor que presenta un grave deterioro y que a la vista de lo contenido en este documento presenta unas perspectivas difíciles en cuanto a la posibilidad de reconducir su situación actual. Una acción decidida de la

administración y de aquellas entidades civiles involucradas en tareas conservacionistas resulta imprescindible para paliar su deterioro y comenzar a recuperar un estado más próximo a su óptimo, que no necesariamente conlleva que sea igual al de épocas históricas ya pasadas. El elevado valor de los bienes ambientales y económicos que proporciona el humedal de l'Albufera, en nuestra opinión, así lo justifica.

9. Anexos.

ANEXO I. Datos de calidad de los recursos hídricos en l'Albufera.

Se ha considerado de interés incluir aquí un análisis de los datos recopilados por la Conselleria de Medio Ambiente respecto a la calidad de agua de l'Albufera en el periodo comprendido entre los años 1993 y 2006. Estos datos corresponden a siete puntos de muestreo distribuidos en distintas ubicaciones del lago de l'Albufera. Se ha optado, dada la dispersión de los datos y que el objeto de este estudio no es la caracterización en profundidad de los valores de calidad de los recursos hídricos, por incluir los datos correspondientes a tres de dichas estaciones, que se consideran representativas del conjunto. Se incluye a continuación mapa con la ubicación de los puntos de muestreo.

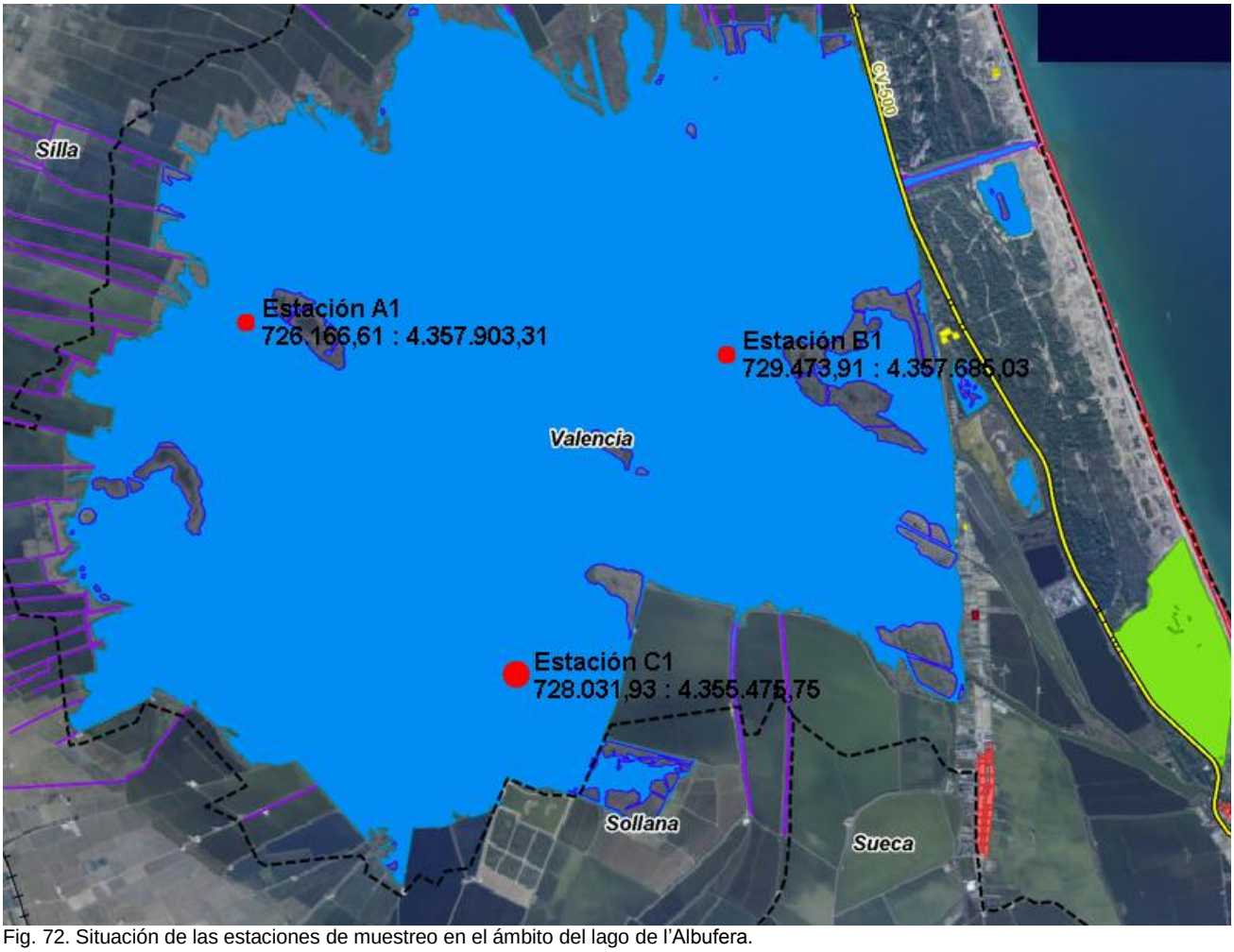


Fig. 72. Situación de las estaciones de muestreo en el ámbito del lago de l'Albufera.

Las series de datos abarcan los siguientes parámetros de calidad del agua:

Parámetros físicos:

- pH
- Sólidos en suspensión
- Temperatura
- Conductividad

Parámetros químicos:

- DBO5
- DQO
- Oxígeno disuelto
- Fosforo
- Nitritos
- Nitratos
- Amonio
- Cloruros
- Clorofila A
- Zinc
- Cobre
- Mercurio
- Cadmio

Procedemos en consecuencia al análisis de los datos disponibles.

En la siguiente página se incluyen los resúmenes estadísticos de los datos correspondientes a cada una de las estaciones de muestreo consideradas. En las tablas siguientes se recogen el número de valores, los valores promedio, máximos y mínimos, la desviación estándar y el número de veces que se superan los valores de referencia que hemos adoptado.

Estación A1	TEMPERATURA °C	OD mg O2/l	Ph	SS mg/l	DBO5 mg O2/l	FÓSFORO mg P/l	NITRITOS mg NO2/l	AMONIO mg NH4/l	ZINC mg Zn/l	COBRE mg Cu/l	CLOROFILA a mg/l	CONDUCTIVIDAD mS/cm	CLORUROS mg Cl/l	MERCURIO mg Hg/l	CADMIO mg Cd/l	DQO mg O2/l	OXI mg O2/l	NITRATOS mg NO3/l
nº de registros	129,00	145,00	170,00	151,00	108,00	156,00	142,00	143,00	127,00	127,00	102,00	154,00	24,00	120,00	129,00	151,00	121,00	149,00
Media	20,32	11,94	8,88	101,09	42,95	0,26	0,20	0,50	0,11	0,05	153,94	2270,54	478,04	0,00	0,01	131,92	20,95	6,18
Desvest	6,47	5,02	0,80	75,97	35,49	0,23	0,24	0,56	0,38	0,27	102,71	808,34	185,21	0,01	0,04	63,74	7,53	12,42
max	30,70	57,00	10,86	550,00	180,00	1,92	1,24	3,84	3,19	2,90	486,70	5500,00	806,00	0,11	0,42	318,00	44,80	141,00
min	7,10	2,30	6,85	1,00	7,50	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1143,00	253,00	0,00	0,00	21,80	4,64	1,00
valor de referencia		4,00	9,00	10000,00	6,00	300,00	1,00	1,00	0,00	0,05	25,00	1500,00	100,00	0.00005	0,01	40,00	0,00	50,00
nº de valores que superan		2	70	2	108	0	1	18	0	0	95	138	24	0	1	147	0	1
porcentaje de valores que superan		1,38%	41,18%	1,32%	100,00%	0,00%	0,70%	12,59%	0,00%	0,00%	93,14%	89,61%	100,00%	0,00%	0,78%	97,35%	0,00%	0,67%

Tabla 14. Valores estadísticos de calidad del agua correspondientes a la estación de muestreo A1.

Estacion B1	TEMPERATURA °C	OD mg O2/l	Ph	SS mg/l	DBO5 mg O2/l	FÓSFORO mg P/l	NITRITOS mg NO2/l	AMONIO mg NH4/l	ZINC mg Zn/l	COBRE mg Cu/l	CLOROFILA a mg/l	CONDUCTIVIDAD mS/cm	CLORUROS mg Cl/l	MERCURIO mg Hg/l	CADMIO mg Cd/l	DQO mg O2/l	OXI mg O2/l	NITRATOS mg NO3/l
nº de registros	167,00	179,00	208,00	153,00	108,00	157,00	173,00	170,00	126,00	126,00	136,00	184,00	24,00	119,00	127,00	153,00	121,00	179,00
Media	19,73	12,39	9,05	103,48	38,63	0,25	0,19	0,38	0,04	1,81	210,15	2163,28	456,08	0,00	0,01	128,42	21,41	4,39
Desvest	6,73	3,67	0,72	98,97	29,07	0,23	0,25	0,40	0,06	19,86	138,69	771,49	182,10	0,00	0,03	62,96	7,35	4,08
max	31,20	34,00	10,91	958,00	120,00	2,14	1,50	2,34	0,61	223,00	749,70	5400,00	844,00	0,01	0,33	310,00	49,60	19,00
min	5,50	2,70	7,45	1,00	5,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	510,00	226,00	0,00	0,00	12,00	5,12	0,01
valor de referencia		4,00	9,00	10000,00	6,00	300,00	1,00	1,00	0,00	0,05	25,00	1500,00	100,00	0.00005	0,01	40,00	0,00	50,00
nº de valores que superan		2	107	2	70	0	2	13	0	0	99	131	0	0	1	108	0	0
porcentaje de valores que superan		1,12%	51,44%	1,31%	64,81%	0,00%	1,16%	7,65%	0,00%	0,00%	72,79%	71,20%	0,00%	0,00%	0,79%	70,59%	0,00%	0,00%

Tabla 15. Valores estadísticos de calidad del agua correspondientes a la estación de muestreo B1.

Estación C1	TEMPERATURA °C	OD mg O2/l	Ph	SS mg/l	DBO5 mg O2/l	FÓSFORO mg P/l	NITRITOS mg NO2/l	AMONIO mg NH4/l	ZINC mg Zn/l	COBRE mg Cu/l	CLOROFILA a mg/l	CONDUCTIVIDAD mS/cm	CLORUROS mg Cl/l	MERCURIO mg Hg/l	CADMIO mg Cd/l	DQO mg O2/l	OXI mg O2/l	NITRATOS mg NO3/l
nº de registros	123,00	141,00	167,00	146,00	103,00	151,00	136,00	136,00	119,00	120,00	98,00	149,00	24,00	113,00	120,00	146,00	117,00	146,00
Media	20,28	12,69	8,86	91,05	34,03	0,23	0,27	0,51	0,04	0,79	150,45	2076,77	401,92	0,00	0,01	117,46	19,39	6,39
Desvest	6,23	6,30	0,72	69,58	25,55	0,21	0,31	1,30	0,04	8,22	97,76	728,44	150,18	0,00	0,03	57,30	6,71	8,69
max	30,50	75,00	10,72	399,00	110,00	1,95	1,79	15,00	0,22	90,00	478,73	5000,00	719,00	0,01	0,29	309,00	40,00	88,00
min	8,10	4,30	7,30	1,00	5,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1108,00	240,00	0,00	0,00	21,60	4,80	1,00
valor de referencia		4,00	9,00	10000,00	6,00	300,00	1,00	1,00	0,00	0,05	25,00	1500,00	100,00	0.00005	0,01	40,00	0,00	50,00
nº de valores que superan		0	71	1	102	0	4	10	0	0	90	123	24	0	1	142	0	1
porcentaje de valores que superan		0,00%	42,51%	0,68%	99,03%	0,00%	2,94%	7,35%	0,00%	0,00%	91,84%	82,55%	100,00%	0,00%	0,83%	97,26%	0,00%	0,68%

Tabla 16. Valores estadísticos de calidad del agua correspondientes a la estación de muestreo C1.

En las siguientes secciones se incluye la representación gráfica de las series históricas correspondiente a cada parámetro, así como una valoración de las mismas.

- **pH y Temperatura.**

Estación A1

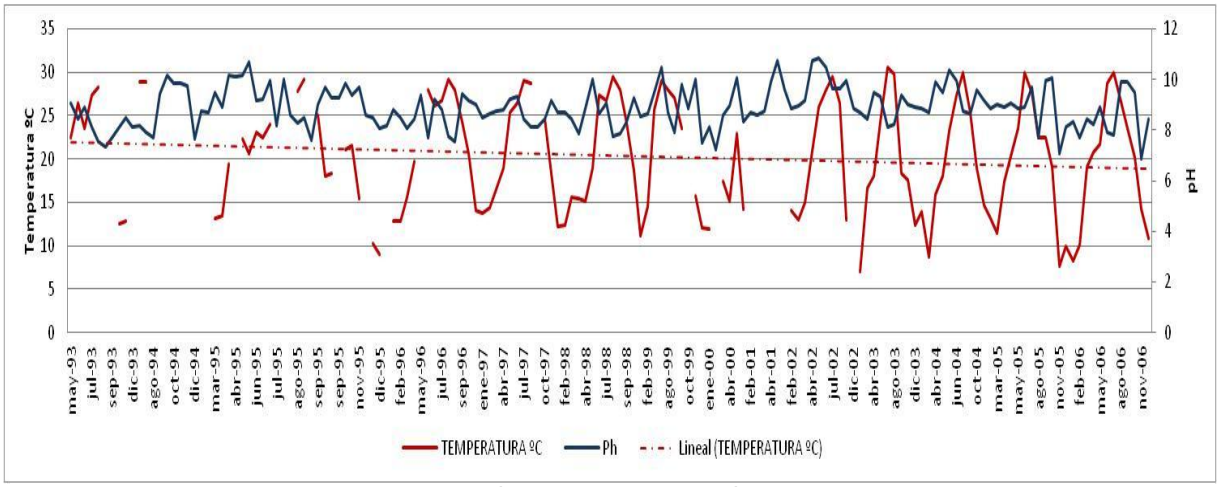


Fig. 73. Valores de pH y Temperatura para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1.

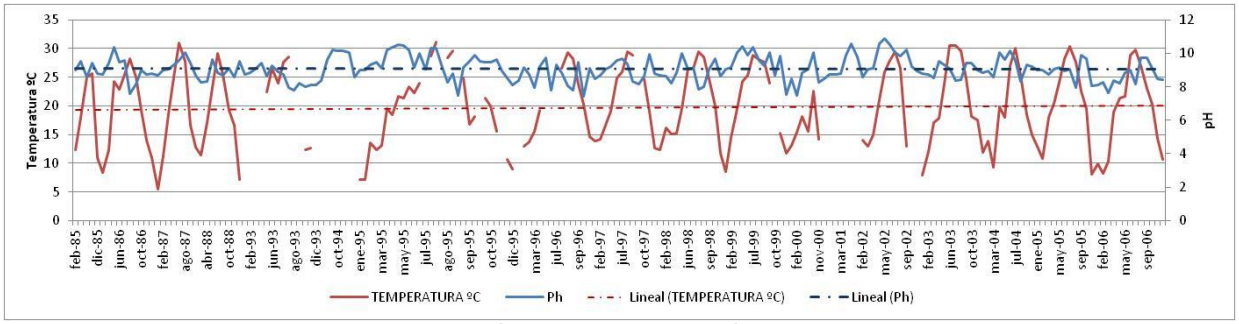


Fig. 74. Valores de pH y Temperatura para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1

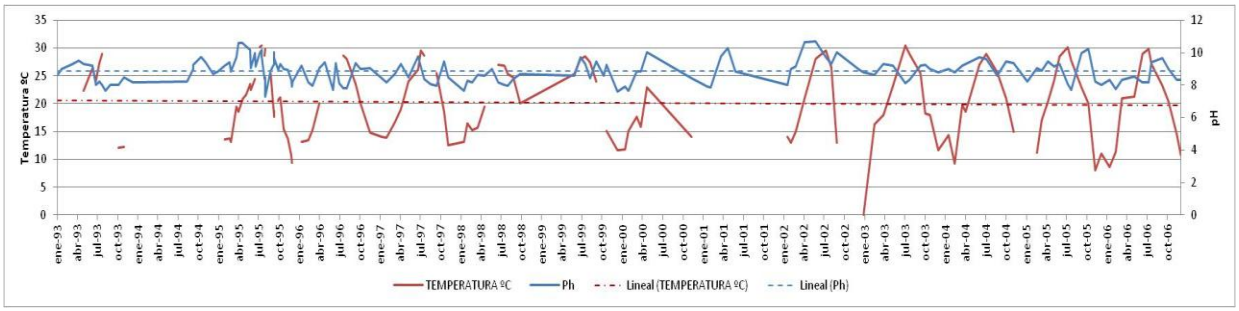


Fig. 75. Valores de pH y Temperatura para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Los valores de temperatura muestran las lógicas variaciones correspondientes a los ciclos estacionales, alcanzando los valores máximos a finales de agosto y los mínimos en febrero, en lógica correspondencia con los ciclos de calentamiento solar y la inercia térmica

de las masas de agua. Los valores extremos se sitúan en los 10ºC de mínima y los 30ºC de máxima. Los análisis de tendencia muestran una ligera variación a la baja, aunque, dada la discontinuidad de los registros y la presencia de valores extremos, probablemente debidos a errores de medición, hacen poco fiable este resultado, que estaría en contradicción con las tendencias de calentamiento esperable por los procesos de cambio climático. Se analizará en esta tesis este parámetro en mayor detalle en otros apartados de este documento.

Las series históricas de datos correspondientes al parámetro pH son más continúas en el tiempo y muestran también un comportamiento oscilante, aunque no puede apreciarse un patrón absolutamente regular. Los valores máximos parecen alcanzarse en la mayoría de los casos en los meses veraniegos, en coincidencia con los máximos de temperatura, aunque no es siempre así. Consideramos dos supuestos para explicar este comportamiento. Por un lado podría estar vinculado a los niveles máximos de evaporación que podrían producir el aumento en el contenido de carbonatos ya presente en las aguas. Por otro lado podría estar vinculado a los ciclos en el aporte de caudales, derivados de los ciclos anuales de riego. Ninguna de estas tesis se sostiene totalmente en base a los datos disponibles. Una tercera opción, aun más arriesgada, vincularía estos ciclos a la entrada de agua marina a través de las golas en determinados momentos, en función de los niveles del lago. Es otra hipótesis arriesgada, aunque cotejando los valores de conductividad expuestos más abajo se observa cierta correlación, ello no resulta en modo alguno concluyente.

En todo caso los valores máximos de pH alcanzan niveles de basicidad muy altos, cercanos a 10 en varios episodios, la mayoría comprendido en el periodo entre abril y julio.

- **Sólidos en suspensión y oxígeno disuelto.**

Estación A1.

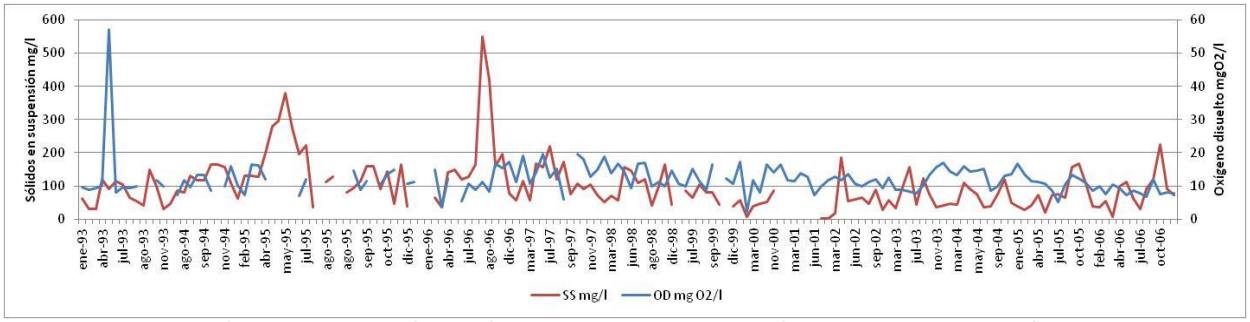


Fig. 76. Valores de sólidos en suspensión y oxígeno disuelto para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1.

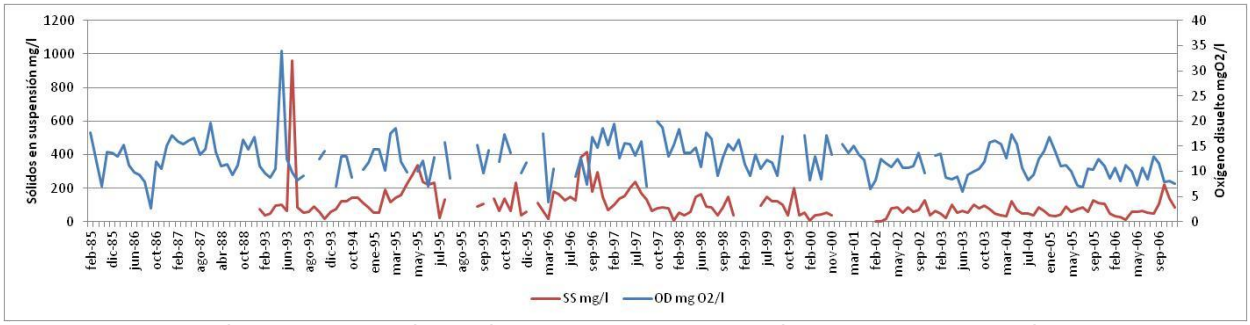


Fig. 77. Valores de sólidos en suspensión y oxígeno disuelto para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1.

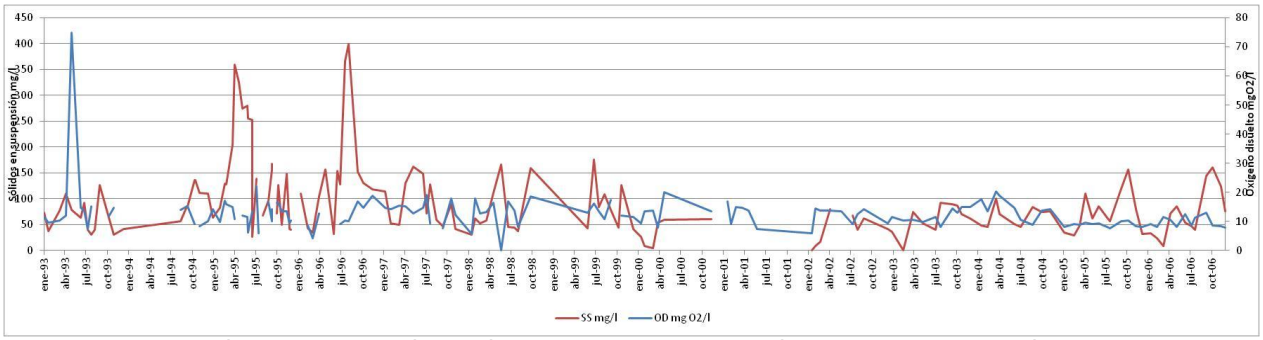


Fig. 78. Valores de sólidos en suspensión y oxígeno disuelto para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Los valores de las series históricas del parámetro Sólidos en Suspensión muestran también una fuerte variabilidad. Aunque se puede apreciar una cierta ciclicidad en su evolución temporal, no sigue un patrón definido. Los valores se mueven en el intervalo entre los 50 y 100 mg/l, alcanzando puntalmente valores más extremos, de hasta 400 mg/l, que no podemos determinar si corresponden a errores de medición o a episodios excepcionales de aportes de materiales en suspensión. Es de suponer que los valores de este parámetro en el ámbito del lago se relacionan principalmente con los aportes de sedimentos procedentes de la cuenca vertiente y de la red de acequias, no descartándose un alto componente debido vertidos contaminantes, provenientes de la intensa actividad que se desarrolla en el ámbito del lago. También cabe considerar los aportes derivados de situaciones de avenida en los barrancos que vierten al lago y por último situaciones en los que se movilice el sedimento del fondo por la acción de los agentes atmosféricos.

En cuanto a los valores de oxígeno disuelto, la observación de las series de valores revela que estos presentan también una variabilidad, vinculada principalmente a la temperatura del agua, que condiciona la solubilidad del gas, así como a otros factores puntuales como puede ser aportes puntuales de materia orgánica, la acción del viento o la llegada de caudales importantes en situaciones de lluvia que provocan la renovación de la masa de agua del lago. Los valores extremos para este parámetro oscilan para las distintas estaciones dentro del intervalo entre los 10 y los 20 mg/l, aunque se presentan valores extremos, tanto inferiores, llegando a 0, como superiores alcanzando valores de 70 mg/l, aunque cabe considerar que se trata de errores de medición.

- **Conductividad y cloruros.**

Estación A1.

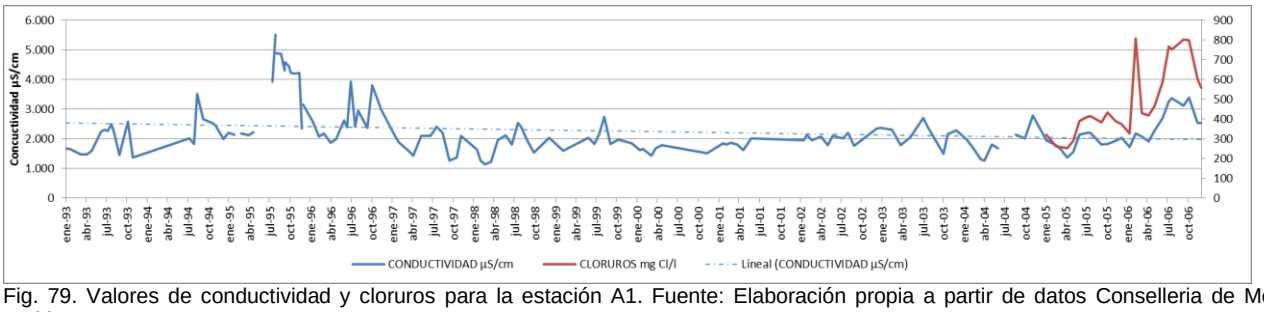


Fig. 79. Valores de conductividad y cloruros para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1.

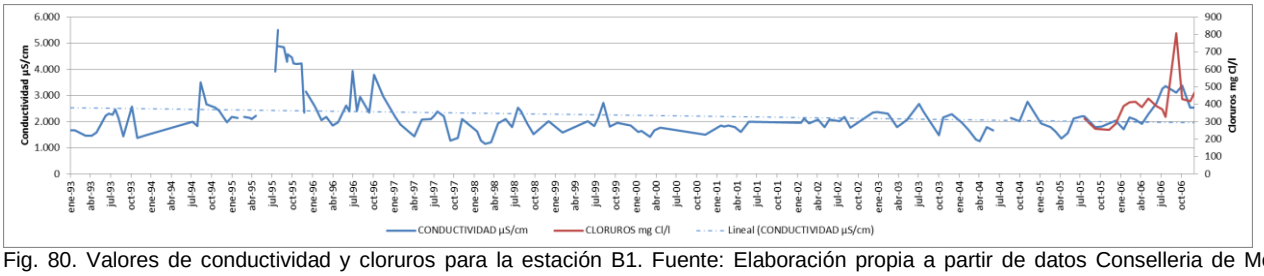


Fig. 80. Valores de conductividad y cloruros para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1.

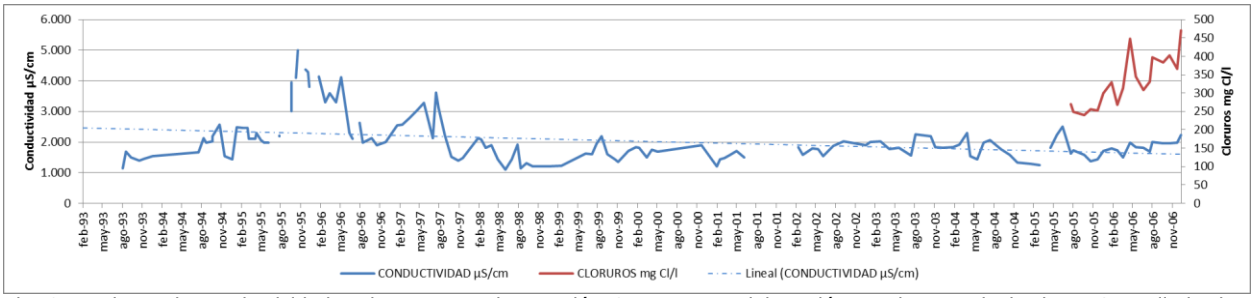


Fig. 81. Valores de conductividad y cloruros para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Los valores de conductividad se sitúan en la mayor parte de la serie histórica entre los 1.000 y los 2.000 mS/cm. Se aprecian en el periodo comprendido entre los años 1995 y 1994 valores extremos que llegan hasta los 5.000 mS. Los valores presentan cierta variabilidad temporal apreciándose que los máximos se corresponden en la mayoría de los casos con meses del periodo estival, coincidiendo en los momentos de máxima evaporación y menores aportes al lago. Un factor a tener en consideración a este respecto es el posible flujo de agua marina que pueda penetrar a través de las distintas golas. Es un aspecto importante que consideraremos en otros apartados de este documento, en relación con el antiguo carácter de lago salino que tenía la Albufera y las posibilidades de reversión a esta situación. Los valores se corresponden con un agua da alta salinidad, con valores no inferiores a 1000 µS y máximos cercanos a 5000 µS. No son valores propios de ambientes salobres, pero pueden causar problemas si se utilizan para riego en los tancats.

- **DBO5/DQO.**

Estación A1.

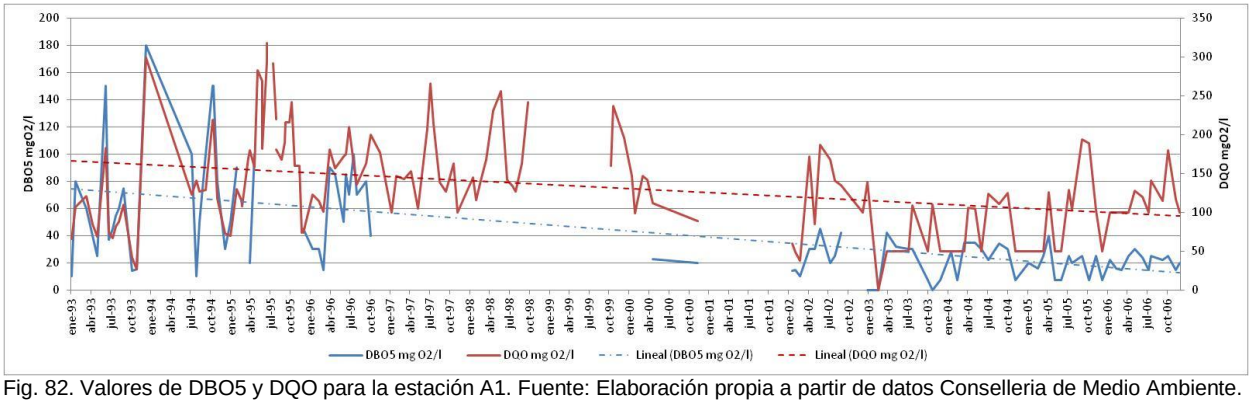


Fig. 82. Valores de DBO5 y DQO para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1

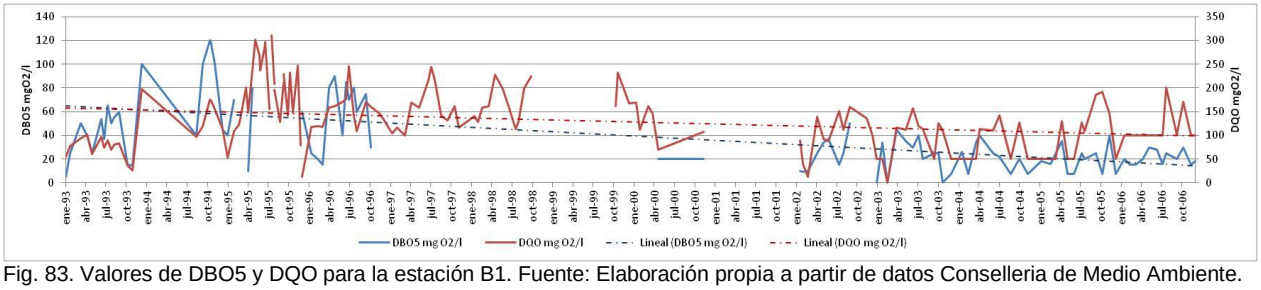


Fig. 83. Valores de DBO5 y DQO para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1

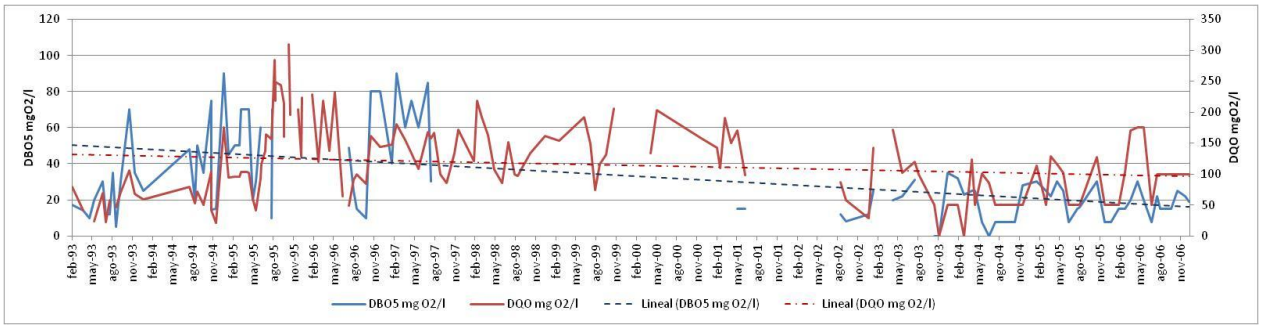


Fig. 84. Valores de DBO5 y DQO para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Los valores de DBO5, representativos de la carga orgánica presente en la masa de agua del lago de l'Albufera, presentan según los datos considerados, valores extremadamente altos, correspondientes a aguas fuertemente contaminadas. Si consideramos según distintos autores que el umbral de 10 mg/l da paso a la consideración de una masa de agua como contaminada, debemos concluir que las aguas de la Albufera se encuentran durante la mayor parte del periodo considerado en un estado de fuerte contaminación, con valores promedio alrededor de 30 mg/l y valores máximos cercanos a los 100 mg/l, mientras que los mínimos se sitúan por debajo de los 10 mg, pero en muy escasas muestras. Los valores de DQO corroboran como es lógico, tal situación de alta contaminación. Las líneas de tendencia muestran, un progresivo descenso de los valores,

coincidiendo con la creciente disponibilidad de estaciones de tratamiento de aguas residuales, que han reducido los aportes de aguas residuales sin tratar provenientes del cinturón urbano que rodea l'Albufera.

Se trata por tanto de aguas que no cumplen las exigencias de calidad para albergar vida piscícola y deben mejorar todavía su estado.

- **Fósforo y Clorofila a**

.

Estación A1

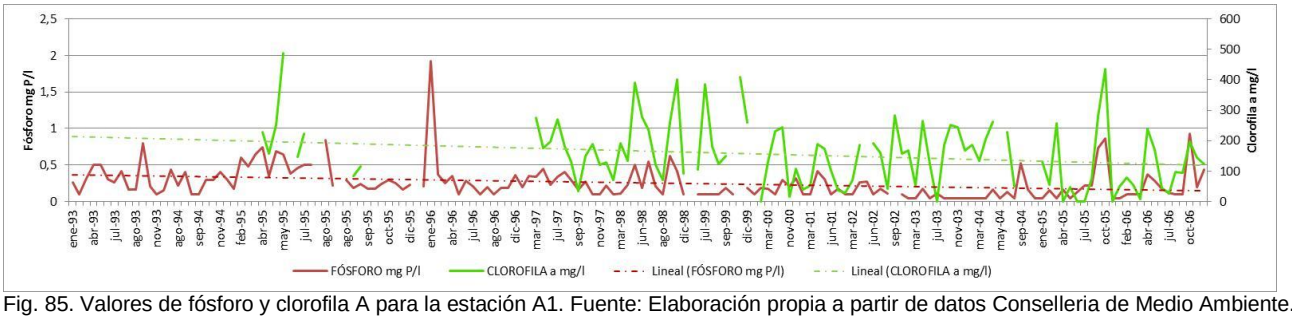


Fig. 85. Valores de fósforo y clorofila A para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1.

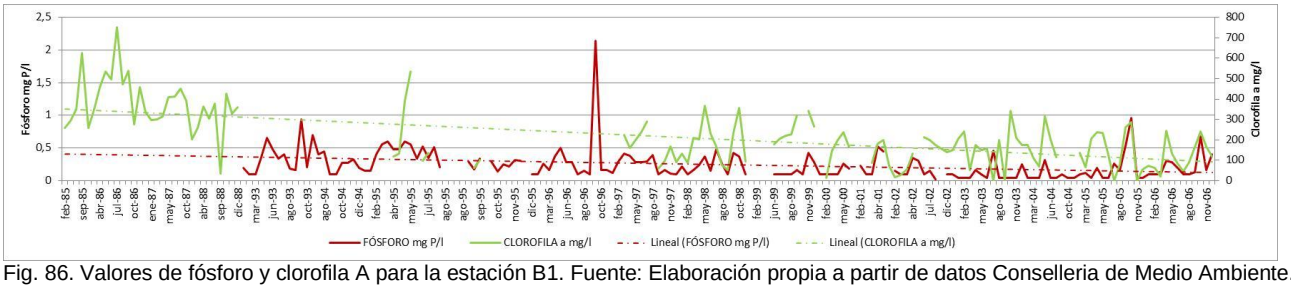


Fig. 86. Valores de fósforo y clorofila A para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1.

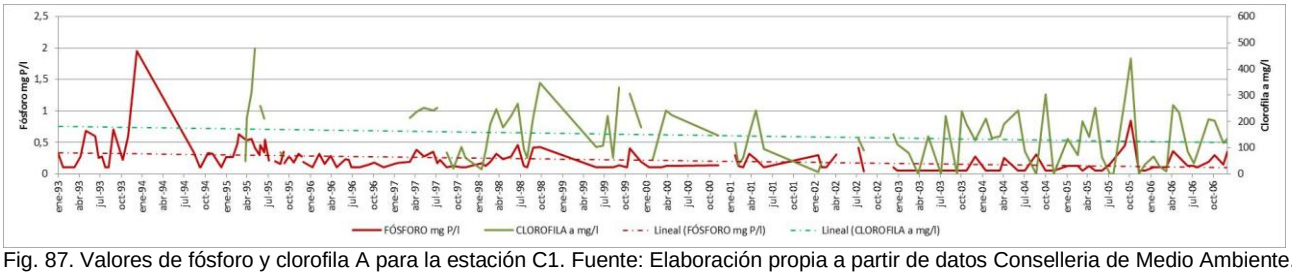


Fig. 87. Valores de fósforo y clorofila A para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Los niveles de fosforo de la serie histórica muestran valores habitualmente inferiores a 0,5 mg/l, aunque las tres estaciones muestran picos de valor no coincidentes en el tiempo, por lo que pueden ser atribuidos a vertidos puntales o, más probablemente, a errores de medición que no fueron depurados en su momento. Sin embargo, sí que se observa fluctuación en su valor, con la presencia repetida de máximos cercanos al valor de 0.5 mg/l aunque no sigue un patrón temporal determinado. En todo caso se trata de valores muy elevados en la mayoría de los casos, puesto que si tomamos referencias de autores como Wetzel que clasifica como hipereutróficas masas de agua con valores de fosforo superiores

a 100µg/l, cuando en muchos de os valores registrados estamos cerca de los 0,5 mg/l que equivalen a 500 µg/l

Los valores de clorofila A presentan asimismo una considerable variabilidad, con valores puntuales muy elevados, por encima de los 400 mg/l y muchos por encima de los 100 mg/l que corresponden a auténticas explosiones algales, como corresponde a un sistema eutrófico como es el lago de l'Albufera. Los valores máximos de clorofila A muestran así un alto grado de correlación con los picos de concentración de fosforo, como es lógico, ya que los ciclos explosivos algales se encuentran evidente vinculados a las altas concentraciones de nutrientes.

En todo caso se observa una tendencia a la baja en los valores de ambos parámetros.

- **Compuestos Nitrogenados.**

Estación A1.

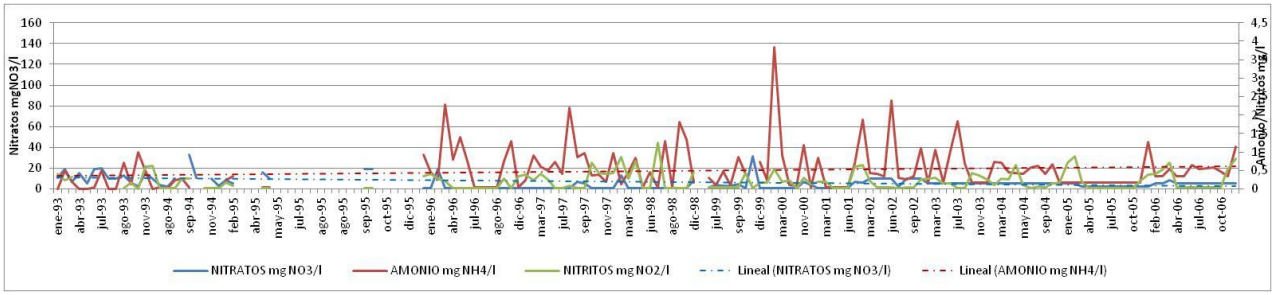


Fig. 88. Valores de compuestos nitrogenados para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1.

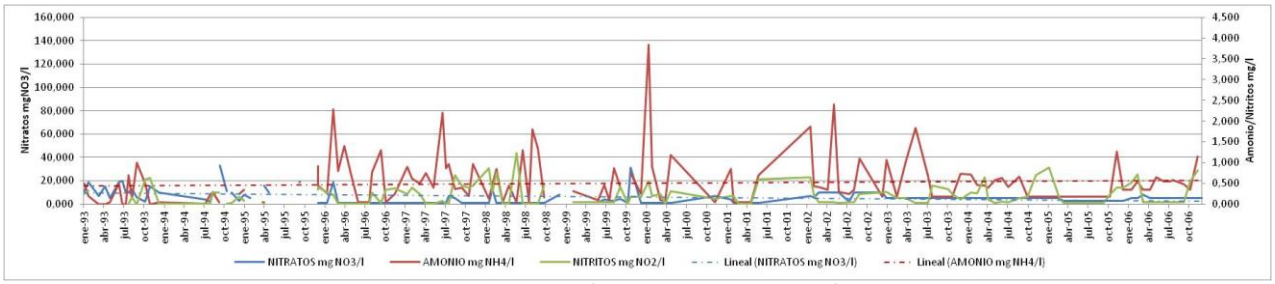


Fig. 89. Valores de compuestos nitrogenados para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1.

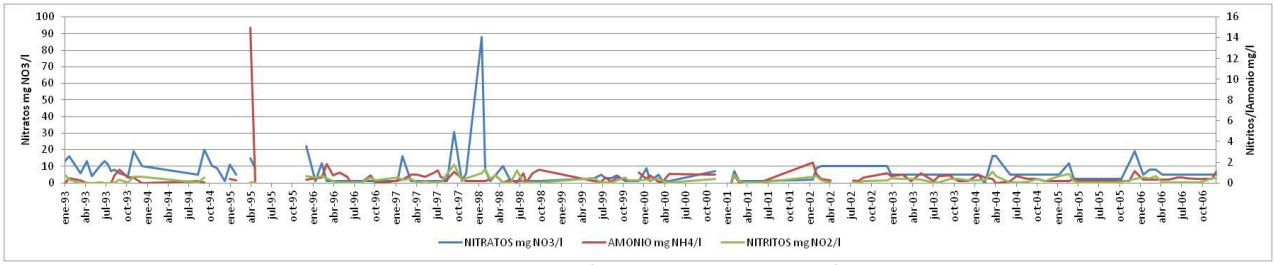


Fig. 90. Valores de compuestos nitrogenados para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Los compuestos nitrogenados muestran también concentraciones elevadas, como corresponde a un sistema eutrófico como es el lago de l'Albufera. Así los valores de amonio se encuentran en muchos casos en valores superiores a 0,5 mg/l que podemos clasificar, según diversos autores como típicos de aguas contaminadas. Presentan estos valores así mismo un comportamiento muy irregular en el tiempo, con altos valores pico que alcanzan valores absolutos cercanos a los 4 mg/l, propios de aguas fuertemente contaminadas y cercanos a valores correspondientes a aguas residuales.

Los altos valores de compuestos nitrogenados se corresponden como decimos con una masa de agua hipereutrófica, y sujeta a oscilaciones derivadas de los aportes provenientes de su entorno, principalmente provenientes en este caso de la actividad agrícola y los vertidos de aguas residuales urbanas.

- **Metales pesados.**

Estación A1

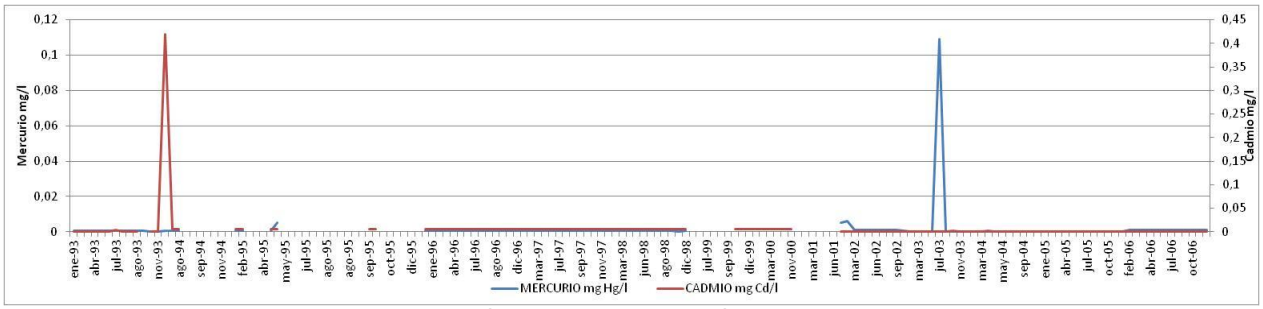


Fig. 91. Valores de metales pesados para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

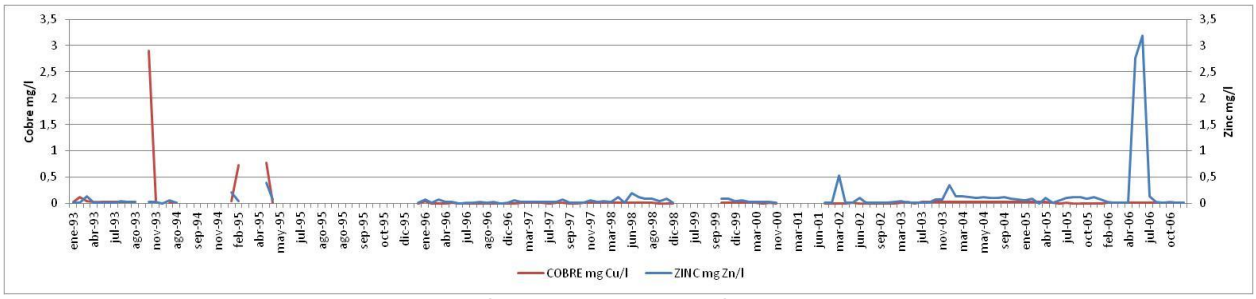


Fig. 92. Valores de metales pesados para la estación A1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación B1.

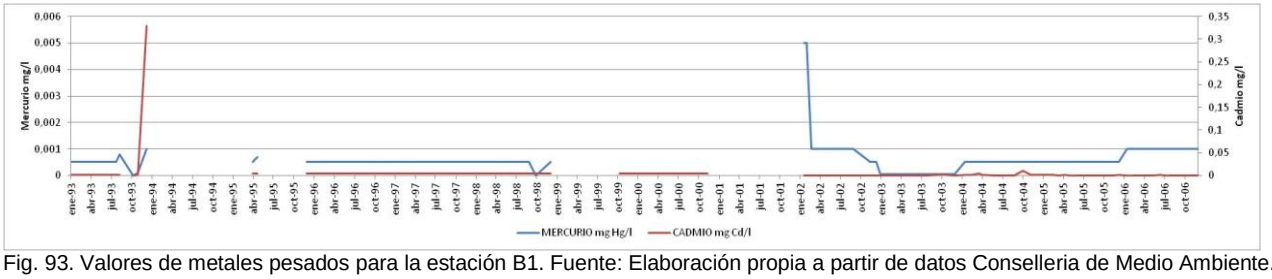


Fig. 93. Valores de metales pesados para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

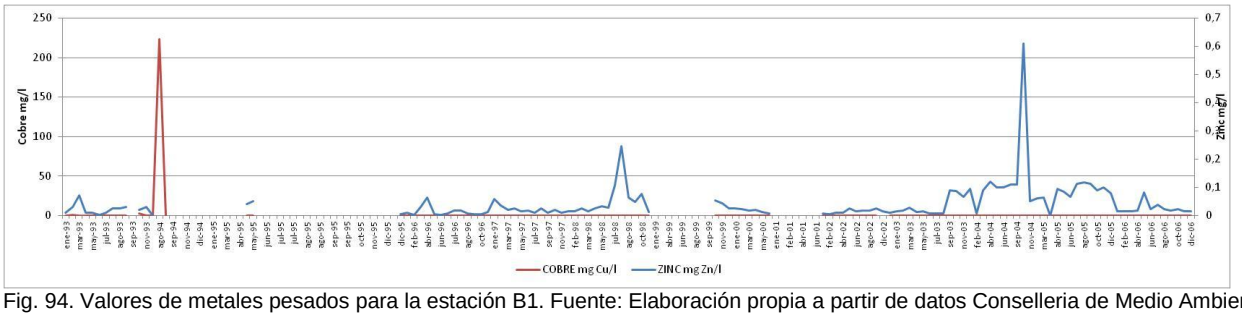


Fig. 94. Valores de metales pesados para la estación B1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

Estación C1

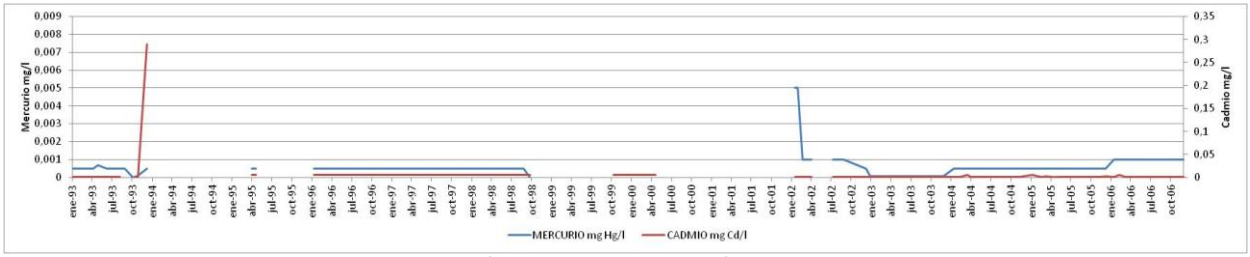


Fig. 95. Valores de metales pesados para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

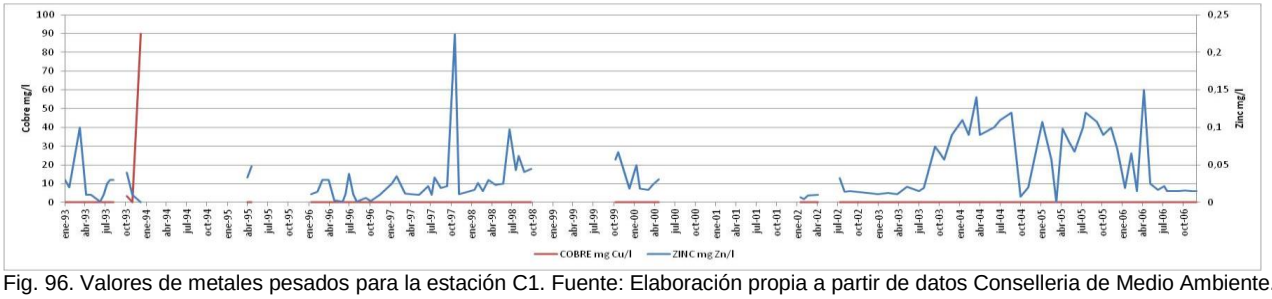


Fig. 96. Valores de metales pesados para la estación C1. Fuente: Elaboración propia a partir de datos Conselleria de Medio Ambiente.

En cuanto a los valores correspondientes a metales pesados, cabe considerar en principio su origen eminentemente industrial, que en el caso de l'Albufera se vincularía con la existencia de una importante área industrial en su cuenca vertiente, fundamentalmente en su cinturón urbano inmediato y en las áreas industriales situadas en el ámbito hidrográfico de la Rambla del Poyo. Son destacables en este sentido los valores de mercurio y zinc que aparecen en las tres estaciones, aunque cabe subrayar la discontinuidad de las series temporales de datos del registro utilizado, y la existencia de valores puntuales extremos que no es posible dilucidar en los distintos casos si corresponden a vertidos puntuales con fuerte carga contaminante o por el contrario se hallarían relacionados con errores de medición. En el caso concreto de los valores de cobre y mercurio se observa un episodio extremo en el entorno del otoño de 1993, que es sincrónico en las tres estaciones de referencia y presenta valores altos de cobre y cadmio, cercanos a 90 mg/l, que cabe suponer vinculado a un vertido incontrolado de estos elementos en la masa de agua.

Son destacables los altos valores de zinc presentes regularmente en algunos de los puntos de muestreo, que remiten a aportes continuados de este metal , lo que cabe vincular a la fuerte implantación de galvanotecnias en la cuenca de l'Albufera altos valores de zinc pueden relacionarse con la existencia en la cuenca del lago de una importante industria metalúrgica, mayoritariamente galvanotecnia.

El rango de valores de toxicidad aguda por Zn para organismos de agua dulce varía desde 90-38.100 µg/L y es muy similar entre peces e invertebrados. Los resultados de test crónicos indican un rango amplio de valores, entre 47 a 852 µg/L, no pareciendo que la dureza del agua afecte mucho la toxicidad del Zn en peces. Se ha establecido para la perca de agallas azules (Lepomis macrochirus), LC50 a 96 h en el Zn de 3,2 mg/L. La LC50 a 96 h del Zn para salmónidos es de 1 mg/L, aunque las concentraciones letales pueden variar desde 0,01 hasta 10 mg/L dependiendo de las especies y dureza del agua.

Respecto al cadmio, varios estudios de toxicidad crónica realizados demuestran efectos tóxicos del Cd en peces a concentraciones tan bajas como 0,5 a 1 µg/L.

El Cu a bajas concentraciones es un nutriente minoritario tanto para animales como plantas, pero es tóxico para la vida acuática a concentraciones aproximadamente entre 10 y 50 veces su nivel normal. La LC50 a 96 h se ha estimado en 0,30 mg Cu2+/L en carpas comunes (Cyprinus carpio) pequeñas (3,5 cm) y 1 mg Cu2+/L en carpas de 6 cm de longitud.

En resumen, los datos aportados corroboran el carácter de masa de agua fuertemente contaminada del sistema de l'Albufera, tanto en lo relativo a la presencia de materia orgánica como al alto contenido en nutrientes, que lo convierten en un sistema hipereutrófico, así como la presencia de sustancias tóxicas para la fauna como son los metales pesados.

Los datos analizados en el epígrafe anterior corresponden a las series de registros obtenidos por la Conselleria de Medio ambiente que abarcan hasta el año 2006.

Los datos de la red de control que la Confederación Hidrográfica del Júcar mantiene en los últimos años en l'Albufera proporcionan un diagnostico actualizado de la situación. El propio organismo de Cuenca indica, a modo de resumen, que los resultados obtenidos indican que la calidad biológica del lago se encuentra fuertemente dañada. Los efectos contaminantes de los residuos urbanos e industriales, del uso de pesticidas y de los aterramientos afectan irreversiblemente a la flora acuática, y por ello, a la fauna asociada.

Indican que actualmente, el lago es un sistema hipertrófico como consecuencia de entradas excesivas de materia orgánica alóctona y nutrientes inorgánicos.

Asimismo conviene remarcar la amenaza al sistema que constituyen los almacenamientos de sustancias peligrosas existentes en las instalaciones industriales presentes en la cuenca vertiente, que pueden ser movilizadas en caso de situaciones catastróficas y afectar gravemente al sistema.

ANEXO II. LEYENDA CARTOGRAFÍA CORINE Y SIOSE.

Por dificultades técnicas se incluye aquí la leyenda correspondiente a la cartógrafía CORINE y SIOSE incluida en el capítulo 5.4.2. “Usos del suelo. Ocupación urbana del territorio en el ámbito de l’Albufera”, en las páginas 118 a 121 de esta tesis.

10. Bibliografía.

Alonso Pascual, J.J. 1982. Jornadas Sobre la Problemática de la Albufera. Diputación Provincial de Valencia. Valencia

Aguiló M. *et all*. 1993. Guia para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Secretaría General Técnica. Centro de Públicaciones. Madrid.

Álvarez Díaz, C. García Gómez, A., Revilla Cortezón, J.A., Ruiz Echevarría, A.M., Juanes de la Peña, J.A., Puente Trueba, M.A., García Alba, J., García Gómez, A., 2010. "Análisis del comportamiento ambiental de l´Albufera de Valencia". Comunicación a IV Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente "Litoral, ordenación y modelos de futuro". Málaga.

Barón, J.N. *et all*. 1980. Mapa Geológico de España escala 1:50.000. Hoja 747 Sueca. IGME. Madrid.

Bustamante, J., Gaona, P. y Calvo, M. 1988. Relación entre factores ambientales y la distribución de aves nidificantes en una transición climática templado-mediterranea. Ecología, N: 2, pp. 257-268.

Cano García. 1977: "La marjal entre Valencia y Sagunto", en V Coloquio de Geografía pp. 201-211. Granada.

Carmona, P. 1995. Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia. Cuadernos de Geografía nº57.

Confederación Hidrográfica del Júcar, MS Ingenieros, DIHMA. 2002. "Estudio de utilización conjunta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en las cuencas media y baja de los ríos Júcar y Turia". Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia.

Confederación Hidrográfica del Júcar – TYPSA Consultor. 2004. "Estudio para el Desarrollo Sostenible de la Albufera". Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia.

Confederación Hidrográfica del Júcar. 2003. "Informe complementario para el banco europeo de inversiones sobre la conducción Júcar-Vinalopó. Las aportaciones al lago de la Albufera". Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia.

Dafauce, C., 1975 "La Albufera de Valencia, un estudio piloto. ICONA. Madrid.

Domínguez Angel, S., 1986: "Descripción general de las características biológicas de la Laguna de Gallocanta y su cuenca", en Da Cruz, H. coord. Guía de las Zonas Húmedas de la Península Ibérica y Baleares, Miraguano Ediciones, Madrid, 79-92.

EEA. 2009. "Looking back and forward: a review of evaluative scenario literature". EEA technical report nº3.

Estudio Para Una Albufera Sostenible, 2003. Varios autores. Confederación Hidrográfica del Júcar. Valencia.

Glick, T.F. 1970: Irrigation and society in medieval Valencia. Harvard University Press.

Guichard, P. 1976: Al-Andalus, estructura antropológica de una sociedad islámica en occidente. Barral. Barcelona.

Hernández Crespo, C. 2013. Evaluación del contenido de Sulfuros Ácidos Volátiles y Metales Extraídos Simultáneamente en los sedimentos de L'Albufera de Valencia. Modelación matemática de procesos biogeoquímicos en el perfil del sedimento. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Hernández, M. y Ayala-Carcedo, F. J. (1991): "Evolución reciente anual e hiperanual del nivel medio relativo del mar. Estación mareográfica Alicante I (1874-1987)", Bol. Geol. Y Minero, Vol. 102-6, 127-136.

Langreo Navarro, A. 2007. El arroz en España y en el mundo. Situación y perspectivas. Revista Distribución y Consumo. Septiembre-Octubre.

Marco Segura J.B. *et all*. "Desarrollo de un estudio integral del sistema hidráulico Júcar-Albufera". Inédito. Comunicación personal.

Marco Segura, J. *et all*. 1995. Regadíos Históricos Valencianos. Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura Pesca i Alimentació. Valencia.

Margalef, R. 1983: Limnología. Omega. Barcelona.

Medina R. Et all. 2004. Impactos en la costa Española por efecto del cambio climático. Magrama. Madrid.

Mondría García, M. 2010: Infraestructuras y Eutrofización en l'Albufera de Valencia. El Modelo Cabhal. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Moreno Ramón, H. 2013. "Evaluación espacio-temporal de las aguas y suelos de la zona colindante al lago de la Albufera de Valencia: Intento de recuperación". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia

Moreno Rodríguez, J.M. *et all*., 2005: Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

National Park Service, 2013. Using Scenarios to Explore Climate Change: A Handbook for Practitioners. National Park Service Climate Change Response Program. Fort Collins, Colorado.

Pardo Pascual, J.E. et Al. (1996): Evolución cuaternaria de la antigua Albufera existente entre Puçol y Alboraia. Cuadernos de Geografía, 59, pp. 63-86, Valencia.

Peterson, G.D. et all. Abril de 2003. Scenario Planning a tool for conservation in an uncertain world. Conservatión Biology, pp. 358-366. Vol. 17.

Romo, S. 1991. Estudio del fitoplancton de la Albufera de Valencia, una laguna hipertrófica y somera, entre 1980 y 1988. Tesis doctoral. Univ. de Valencia. 197pp.

Rosselló, V. M. 1995. L'Albufera de Valencia. Publicacions de.l'Abadia de Montserrat

Rowland, E., Cross, M., Hartmann, H., 2014: "Considering Multiple Futures: Scenario Planning to Address Uncertainty in Natural Resource Conservation". US Fish & Wildlife Service Publications.

Sánchez Díaz, J. Et All. 1991: Plan Especial de Protección del Parque Natural de l'Albufera. Generalitat Valenciana. Conselleria de Medi Ambient. Valencia.

Sanchis Ibor, C., 2001: Regadiu i canvi ambiental a l'Albufera de Valencia, Universitat de Valencia. Valencia.

Sanjaume E. *et all*. 1992. Tasas de Sedimentación en l'Albufera de Valencia. Cuadernos de Geografia51. 63-61. Valencia.

Santisteban, C.; Marco Barba J.; Miracle, M.R. 2009. La Evolución Holocena de la Albufera de Valencia. Geogaceta, 4, 99-102.

Senar J. C. y Borras, A., 2004: Sobrevivir al invierno: estrategias de las aves invernantes en la península Ibérica. Ardeola 51(1), 133-168.

Soria, J.M., Vicente, E., 2002: Estudio de los aportes hídricos al parque natural de la Albufera de Valencia. Limnética 21(1-2). 105-115.

Soria, J.M., 2006 Past, present and future of la Albufera of Valencia Natural Park. Limnetica, 25(1-2): 135-142.

Varios Autores. 2003. Informe de Evaluación del Impacto del Cambio Climático en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Vicente, E., Miracle, M.R., 1992.The coastal lagoon Albufera de Valencia: An ecosystem under stress. Limnetica, 8: 87-100. Madrid.

Wiseman, J.; Biggs, C; Rickards, L. y Edwards, T. (2011). "Scenarios for climate adaptation. Guidebook for practitioners". VCCCAR, University of Melbourne.