

LOS VÍNCULOS EXISTENTES ENTRE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS NATURALES Y HUMANOS EN LA MARINA BAIXA

Juan R. Sánchez Montahud, Denise Eisenhuth, Juan Bellot Abad, Andreu Bonet Jornet, Antonio Aledo Tur, Juan Peña Llopis, Juliana Monsalve Páez, Julio Cesar Tejada Ramírez

Departamento de Ecología, Universidad de Alicante

Departamento de Sociología I y Teoría de la Educación, Universidad de Alicante

Resumen

En el marco del proyecto AQUADAPT sobre la gestión del agua se estudian las relaciones entre los sistemas natural y humano en la comarca de la Marina Baixa. Se discute la sostenibilidad de dichos sistemas y la importancia de las dinámicas coevolutivas entre ellos.

1. Introducción.

En el marco del proyecto AQUADAPT (CE N° Contrato EVKI-CT-2001) presentamos una investigación sobre las herramientas estratégicas que se precisan para conseguir una gestión del agua adaptativa e integrada. Nos centraremos en determinar las relaciones entre los recursos del agua, la calidad ecológica y el desarrollo sostenible de la comunidad humana. El principal reto parece recaer en cómo definimos los recursos de una comunidad de usuarios del agua o de una determinada región y el concepto de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible de una comunidad humana.

Los balances hídricos de una comarca bajo condiciones mediterráneas se ven alterados al cambiar los usos del suelo, las diferentes cubiertas vegetales más o menos antropizadas generan diferentes grados de escorrentía, pérdidas hacia la atmósfera y recargas de los acuíferos. (Bellot et al 1999, Bellot et al 2001). Hemos estudiado la evolución de los cambios de los distintos usos del suelo (natural, agrícola, urbano) desde 1956 hasta 2000. Así mismo estimamos los consumos o demandas de agua generados por dichos cambios a lo largo del tiempo. Los cambios de usos del suelo tienen efectos diversos sobre la sostenibilidad ambiental de los municipios de la comarca.

Bajo una visión sistémica la sostenibilidad de un sistema complejo, en parte natural y en parte humanizado, debe basarse en los recursos propios. Asumiremos que el sistema es sostenible en el tiempo si dichos recursos se mantienen disponibles a pesar de su uso por el sistema. La transformación de ecosistemas para humanizarlos produce pérdidas en la calidad ecológica, los ríos pasan a ser simples receptores de residuos o desaparecen en los embalses y los residuos amenazan la calidad del agua almacenada en los acuíferos y embalses. Los usos tradicionales en la Marina Baixa anteriores al desarrollo del turismo de masas habían creado un mosaico rico en biodiversidad de zonas forestadas, matorrales, pequeñas poblaciones y pequeñas explotaciones agrícolas. El uso de los recursos de agua locales y su ahorro formaba parte de la cultura de las gentes. El riesgo de sequía ha formado parte de la cultura de los agricultores de la Marina Baixa debido a que se encuentra ubicada en una región semi-árida. Por tanto antes de los años 50 la cultura de uso del agua estuvo adaptada a hacer frente a ese riesgo. En la actualidad la dependencia de los recursos externos se percibe por muchos como una necesidad irrenunciable e imprescindible para el desarrollo económico (Rico, 1998)

2. El Marco Físico de la Marina Baixa.

La cuenca de la Marina Baixa, (681 km²), situada en la frontera entre el ombroclima semiárido y el seco, comprende una variada y compleja topografía y se caracteriza por una densa ocupación del suelo, destacando los cultivos de regadío (nísperos, cítricos y otros frutales), y secano (algarrobos, olivos y almendros), así como las zonas urbanizadas, áreas industriales y un área abrupta de bosque mediterráneo. A su vez, la comarca de la Marina Baixa se compone de 18 términos municipales que para el mismo periodo de estudio (1956-2000) muestran un mosaico de diferentes tendencias de cambio impuestas por la proximidad a la costa (turismo) y la disponibilidad de agua para riego (cultivos de regadío intensivos).

3. El marco social. Evolución demográfica de la Marina Baixa.

La evolución demográfica de la comarca, a lo largo del siglo XX, muestra claramente dos etapas: una primera etapa que iría desde principios de siglo hasta la década de los sesenta de retroceso demográfico, y una segunda etapa que se inicia con el boom turístico a comienzos de esa década en la que la población de la comarca experimenta un rápido crecimiento demográfico. Durante la primera mitad del siglo XX, la población de la comarca se estancó. La pobreza y subdesarrollo de la región explica este crecimiento negativo por emigración hacia zonas más desarrolladas de España y de Europa. Esta situación de subdesarrollo debe de ser tenida en cuenta a la hora de utilizar una definición aceptable de sostenibilidad que incluya el bienestar de las poblaciones humanas. En otras palabras, el crecimiento económico de la comarca de la Marina Baixa era requerido por los ciudadanos. El conflicto surge ante el modelo de desarrollo escogido que no tuvo en cuenta los límites que los recursos ambientales propios imponían al modelo. A partir del boom turístico, el crecimiento económico y la llegada de inmigrantes cambia la tendencia demográfica anterior. Primero en Benidorm, durante la década de los 50, y posteriormente el resto de municipios litorales y de la zona intermedia. El primer contingente de inmigrantes que recibe la comarca a lo largo de la década de los sesenta es de carácter laboral, procedente de Andalucía, Murcia y Castilla y se desplazó al litoral atraídos por los nuevos puestos de trabajo que el turismo y la construcción estaban generando. A finales de la década de los setenta comienza a instalarse en la Marina Baixa un segundo contingente inmigratorio procedente de los países más avanzados de Europa, que elige la franja costera de la comarca como lugar de residencia tras su jubilación en el país de origen.

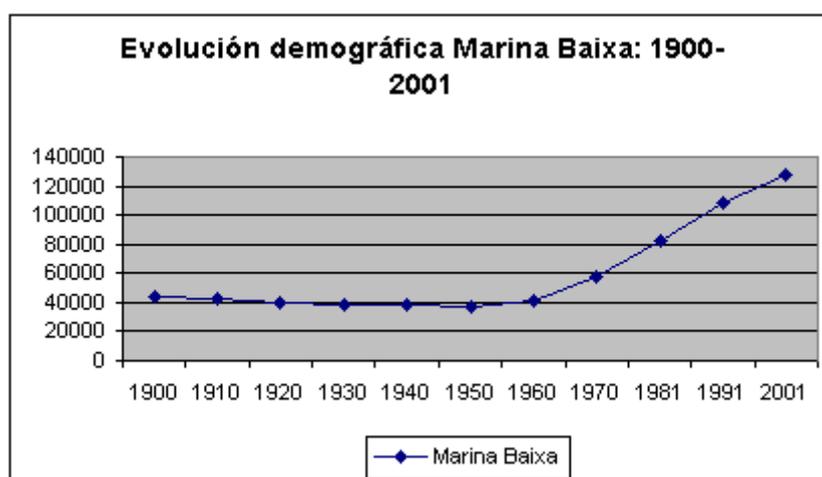


Figura 1. Fuente: INE: Poblaciones de hecho desde 1900 hasta 1981; Censo 1991 y 2001.

4. Los recursos hídricos y las demandas hídricas de la Marina Baixa .

El balance hídrico en la Marina Baixa ha sido estudiada por diferentes grupos de investigación que han elaborado varios modelos de simulación: SIMPA (Ruiz, 1998) AQUATOOLS (Andreu et al, 1996) y SIMGES (Andreu et al, 2000) para estudiar la gestión de los recursos hídricos de la comarca asumiendo distintos valores para la oferta y la demanda de agua. Pretendemos calcular aquí un balance hídrico mejorado teniendo en cuenta las necesidades de los sistemas naturales y humanos dando importancia a las pérdidas hacia la atmósfera pues son salidas netas del sistema. Hemos aplicado el modelo hidro-ecofisiológico VENTÓS a la Marina Baixa que puede calcular el balance hídrico en 6 tipos de cubierta vegetal (Bellot et al, 1999, 2001; Chirino, 2003)

Si definimos de una forma global la sostenibilidad hídrica del sistema de la Marina Baixa como la utilización de recursos propios, locales, las necesidades de los sistemas naturales humanos deberían cubrirse con una sola entrada de agua, que es la precipitación. Podemos calcular que para una superficie de la cuenca de la Comarca de la Marina Baixa de 681 km² y asumiendo 522mm de precipitación media anual tendríamos unos recursos máximos de 355 hm³ año⁻¹ suficiente para la demanda actual de usos urbanos y agrícolas. Evidentemente mucha de dicha agua no es aprovechable para los usos urbanos aunque sí para los cultivos y los sistemas naturales menos humanizados. Si la lluvia produjera un 10 % de escorrentía tendríamos unas escorrentías de 3.7, 4.5 , y 8.2 hm³ al año en las cuencas de los ríos Algar, Guadalest y Amadorio por ello, muchas de las necesidades se cubre a partir de aguas subterráneas. La entrada de lluvia no es homogénea en toda la superficie de la comarca variando entre los valores mínimos en la costa (Vila Joiosa 325 mm de media anuales) y los máximos en el interior montañoso (Beniardà con 783 mm). Una característica importante de la precipitación en esta región mediterránea es la variabilidad interanual y la concentración estacional de la precipitación y la torrencialidad de las lluvias (González-Hidalgo et al. 2003) que determina la hidrología de los ríos de régimen irregular.

La construcción de embalses trata de paliar en parte esa falta de regularidad del suministro. Del mismo modo que en otras zonas como el efecto del crecimiento de la ciudad de Alacant en el pasado y la necesidad de incrementar su huerta dio lugar a la construcción del pantano de Tibi y el uso de boqueras y azudes para recoger escorrentías esporádicas.(Alberola 1995). Todo el sistema natural de los ríos de la Marina Baixa se encuentra en la actualidad modificado con presas y canalizaciones. Los intentos de control de los ríos se remontan al siglo XVI con el de pantano de Relleu actualmente abandonado y que constituye una zona húmeda de interés ambiental. Los embalses que funcionan en la actualidad se construyeron en 1957, el de Amadorio (capacidad 15.8 hm³) para "regular" los ríos Amadorio y Sella y en 1964 el de Guadalest (capacidad 12.5hm³) para "regular" los ríos Guadalest y Beniardà.. Es importante señalar la importancia de los volúmenes de agua bombeados de los acuíferos de Beniardà y Algar en una cifra media de 9 hm³ por año para la estación de impulsión del Algar y de entre 0.3 y 9.5 hm³ por año para los bombeos de Beniardà (Castaño y Murillo 2001) que se destinan al llenar el embalse de Guadalest . Sólo del 9% del total aportado al mismo procede de escorrentía natural.

El estado de los acuíferos.

Según la Confederación Hidrográfica del Júcar los acuíferos de Sierra Aitana y Serrella-Aixortà están equilibrados o en recarga al recibir más agua de la que se extrae. Orcheta sería la unidad no equilibrada pues los bombeos 11 hm³ año⁻¹ no estarían compensados con las infiltraciones de 6 hm³ año⁻¹ . Ya en 1989 se estudia el problema, Martín-Mateo et al. (1989) daban ya cifras de 5 hm³ año⁻¹ de sobreexplotación de los acuíferos. Poco después Juárez (1993) cuantifica los recursos renovables superficiales y subterráneos de la comarca en 50 hm³, un consumo de agua

para abastecimiento urbano de los 8 municipios integrados en el "Consortio de Aguas de la Marina Baja" con pérdidas en la red incluidas de 25 hm³ y que existe una sobreexplotación de los acuíferos de 10 a 12 hm³ año⁻¹ .

Transferencias intracomarcales

Otra escala de análisis es la transferencia dentro de la comarca entre zonas con mayores disponibilidades y zonas con mayores demandas. Trasvases que pueden provocar conflictos por el uso del agua entre las comunidades agrícolas y los municipios con mayor desarrollo turístico. Los períodos de sequía de los años 1978 y 1979 produjeron restricciones en los municipios de Benidorm, La Vila y Altea. Las transferencias dentro de la cuenca tratarían por tanto de hacer frente a esos períodos de sequía optimizando los recursos.

Las demandas de agua del sistema natural

Hemos calculado diversos porcentajes de evapotranspiración para las masas de agua, las formaciones vegetales como bosques y matorrales a partir de un valor de evapotranspiración potencial de 11605 hm³.año⁻¹. Así por ejemplo una hectárea de pinar tendría una evapotranspiración de 3499 hm³.año⁻¹ y una de matorral de 3708 hm³.año⁻¹ . A partir de las diferentes superficies de las distintas formaciones vegetales, podemos estimar un valor global de evapotranspiración en el año 2000 de 173.17 hm³ año⁻¹.

Las necesidades hídricas de los cultivos

Hemos calculado las necesidades hídricas de los cultivos a partir de los valores de riego usados por IVIA y entrevistas a los representantes de las comunidades de regantes. Como ejemplo el módulo de riego para níspero sería de entre 5053 y 8957 m³ por hectárea según los agricultores y el valor del IVIA para este cultivo es de 7500. A partir de esos módulos de consumo y las entradas por precipitación podemos calcular el agua que reciben y la evapotranspiración de los mismos. Combinándolos con las superficies en el año 2000 secano 5958 ha y 4663 ha de regadío podemos estimar una evapotranspiración de 13.01 y 25.37 hm³ año⁻¹ respectivamente.

Las necesidades hídricas de los núcleos urbanos.

Una forma habitual de calcular la demanda de agua es tomando como base la población y unos módulos de consumo por persona y día, que en la zona se han estimado alrededor de 250 litros. Las incertidumbres en el número de habitantes debido a la importancia de la población turística (la población local representa 115,800 y se ve multiplicada hasta 290,000 debido al turismo) y hacen que los valores calculados así sean poco fiables. Parece mejor basarse en el suministro a las poblaciones. En el año 2000 el Consortio incluía 8 municipios (Alfás del Pí, Altea, Benidorm, Finestrat, la Nucia, Polop y la Vila Joiosa y Callosa d'en Sarrià) que recibían anualmente 27.89 hm³. Otros municipios se abastecen de fuentes o aguas subterráneas de pozos que tras almacenarse en pequeños embalses se distribuye mediante la red municipal. Estos municipios son: Beniardá, Benifato, Benimantell, Bolulla, Castell de Castells, Confrides, Guadalest, Orcheta, Relleu, Sella y Tárben. El consumo de agua de estos municipios se estima inferior a 1.2 hm³.año⁻¹ lo que representa una pequeña porción de la demanda urbana total.

Para mejorar la estima de la demanda urbana hemos estudiado el consumo de cada superficie ocupada por el uso urbano, considerando el porcentaje de jardines, piscinas, edificios y zonas pavimentadas. Hemos clasificado las zonas urbanas de la Marina Baixa en tres tipos de

densidad: alta (hoteles y apartamentos de más de 10 plantas), media (centros históricos de los municipios) y baja densidad (casas de campo dispersas y urbanizaciones de segunda residencia). Se ha muestreado un 10% de la superficie de cada tipo de densidad calculándose la proporción ocupada por los usos específicos. El consumo de agua de cada uno de ellos es diferente: las piscinas evaporan $11605 \text{ hm}^3 \text{ ha}^{-1}$, los jardines $9380 \text{ hm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y el pavimento $1073 \text{ hm}^3 \text{ ha}^{-1}$. Globalmente las superficies urbanizadas evapotranspiran $13 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$.

5. ¿El sistema de la comarca de la Marina Baixa es sostenible desde el análisis del balance hídrico global?

Según nuestros cálculos, las entradas naturales por precipitación al sistema de la cuenca de la Marina Baixa con una superficie de 68071.6 de hectáreas y con una lluvia media para toda la comarca de 522.23 mm serían $355.49 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$. Las estimas de salidas al mar en los puntos controlados por la Confederación Hidrográfica del Júcar son aproximadamente de $14.71 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ (Murillo & Castaño, 2003). Las salidas hacia la atmósfera por evapotranspiración que hemos calculados para los distintos subsistemas urbano (jardines, piscinas, pavimentos..), agrícola (secano y regadío), natural (bosques, matorral y cursos de agua) suman $257.58 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$. Calculando el balance simple de entradas (lluvia) menos salidas (escorrentía y evapotranspiración) el sistema tendría una acumulación neta positiva de $83.2 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$. Como hemos reseñado anteriormente hay varias referencias de la disminución de los niveles de los acuíferos a pesar de esta teórica acumulación. Parte de esa acumulación puede estar saliendo del sistema de forma subsuperficial hacia el mar o bien las tasas de bombeos y recarga de los acuíferos son muy diferentes. Por otro lado, los picos estacionales en la demanda (concentración turística en verano, requerimientos de los cultivos fuera de épocas de lluvias) son el origen del incremento en el bombeo de los acuíferos y las necesidades de trasvases desde fuera de la Marina Baixa. Desde el análisis de los ciclos internos podemos mejorar el balance reduciendo los requerimientos de la agricultura ($33.81 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$) por ejemplo incrementando la aplicación de riego por goteo u otras mejoras técnicas. Otra vía es aumentar el uso de aguas recicladas (en la actualidad son tratados unos $15 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ y se reciclan $10 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ para irrigación, en este caso también debería tenerse en cuenta la calidad del agua obtenida y que existe el límite superior del volumen de agua suministrado para uso urbano.

6. La sostenibilidad ambiental del paisaje y los cambios de usos del suelo

Puede entenderse la sostenibilidad ambiental de un paisaje como la tendencia del sistema a mantenerse en el tiempo sin pérdidas o declives en componentes, configuración y funciones (propiedades y procesos). Para valorar y analizar la sostenibilidad de un paisaje, podemos considerar una serie de subrogados, algunos de ellos inherentes a la propia esencia de los ecosistemas, como son la complejidad ecológica y la estabilidad; otros derivados de su utilización, como los bienes (p.e. disponibilidad hídrica) y servicios (p.e. regulación hídrica) que son ofrecidos por los ecosistemas en forma de capital natural (Costanza et al. 1997).

Para ilustrar el efecto de los cambios de uso en la sostenibilidad ambiental, se analizan tres municipios con patrones de cambios de coberturas y usos del suelo muy contrastados que evidencian las diferentes estrategias de desarrollo en la zona: Benidorm (51873 habitantes, 3860 has), Callosa d'en Sarriá (7057 habitantes, 3430 has) y Guadalest (180 habitantes, 1610 has). El primero es uno de los destinos turísticos costeros principales de Europa, ya que recibe más de 3 millones de turistas al año, con cerca de 20 millones de pernoctaciones, mientras Guadalest,

aunque es un destino turístico, no recibe pernoctaciones. Por otra parte, Callosa se sitúa entre los dos anteriores y su estrategia ha sido el desarrollo de la agricultura especializada de regadío de cítricos y nísperos.

A partir de los mapas de usos y coberturas de 1956, 1978 y 2000 se estudia la dinámica espacio-temporal de la utilización del suelo. Las alteraciones que estos cambios han supuesto sobre la sostenibilidad ambiental de la zona se evalúan a través de matrices de transición (figura 2) mediante un modelo simple, no espacialmente explícito, análogo al método de probabilidades de cadenas de Markov para cada combinación de pares de mapas fechados. (Dale et al., 2002). Ello ha permitido agrupar las transiciones, a partir de los procesos que ha experimentado el territorio en agradativas (A), degradativas (D) y estacionarias (E). Así, cualquier transformación de las formaciones forestales sería degradativa, mientras que la del suelo urbano sería agradativa. En este contexto se asume el paso de secano a regadío como degradativo debido al incremento en consumo de agua y evaporación, mientras que el paso de regadío a secano, sería agradativo.

	Urbano	Secano	Regadío	Matorral	Pinares
Urbano	E	A	A	A	A
Secano	D	E	D	A	A
Regadío	D	A	E	A	A
Matorral	D	D	D	E	A
Pinares	D	D	D	D	E

Figura. 2. Matriz de transiciones cualitativas entre los usos del suelo considerados.

Los patrones de cambio han sido muy distintos en todos los municipios, aunque la situación de partida fue muy similar en los tres casos. El uso forestal ha disminuido durante el período de estudio en Callosa y Benidorm, en favor de la agricultura y la urbanización respectivamente. En Guadalest la tendencia ha sido el aumento progresivo de todos los tipos de vegetación natural (20%), excepto las masas de pinares que han disminuido por efecto de los incendios; en consecuencia la cobertura dominante es el matorral, con y sin pinos. El abandono de cultivos es la fuente principal de este aumento. La agricultura está en claro retroceso desde 1978 en Guadalest (13%) y Benidorm (30%), en contraste con Callosa donde desde ese año han experimentado un gran crecimiento los cultivos de regadío (300%), y en particular bajo plásticos. Los cultivos de secano han disminuido mucho en Callosa, algo menos en Guadalest, y han desaparecido en Benidorm.

El uso urbano (asentamientos e infraestructuras) asociado refleja el grado de antropización del territorio, y se observa que ha evolucionado de forma muy distinta. Guadalest y Callosa apenas han cambiado desde 1956, al tiempo que Benidorm ha multiplicado por 50 la superficie inicial. Aunque esta categoría ocupa menores superficies que el uso forestal y agrícola, representan nuevos usos con importantes consecuencias en la conservación de recursos como el agua. Su impacto se produce en la última etapa (año 2000) con la aparición de industrias, comercios y sobre todo de áreas de recreo y ocio.

En relación al cambio en el grado de sostenibilidad ambiental, los resultados indican que Guadalest es el municipio con mayor estabilidad (55% de los cambios), y el de menor número de transiciones degradativas (20%). Callosa comparte con Benidorm los porcentajes de transiciones degradativas (>41%), pero presenta mayor estabilidad. Por último, en Benidorm se localiza el mayor porcentaje de transiciones, caracterizándose por su reducida estabilidad, alta

degradación, pero también por presentar el mayor porcentaje de transiciones agradativas (29%), causadas por abandono de cultivos y reforestación (Figura 3).

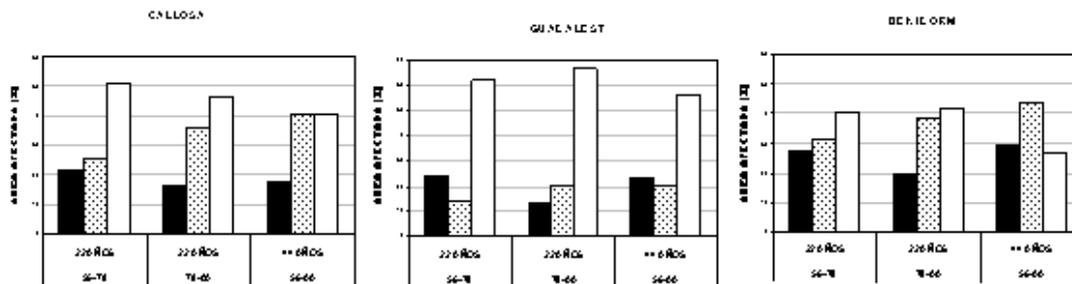


Figura 3. Porcentaje de superficie afectada por transiciones agradativas (negro), degradativas (punteado) y estacionarias (blanco), en los diferentes períodos de cambio y municipios considerados.

7. La sostenibilidad desde el punto de vista del desarrollo de la sociedad humana. Los procesos co-dinámicos observados en la comarca de la Marina Baixa

El conocimiento relativo a la gestión adaptativa e integrada del agua generalmente es muy específica de cada disciplina y muy poco integrada. En otras palabras, un puro conocimiento científico (ecológico, hidrológico) o un conocimiento social de lo que constituye una gestión integrada del recurso agua resulta poco adecuada. (Jeffrey & McIntosh, 2004). Un análisis de los procesos que pueden considerarse co-dinámicos puede proveernos de un marco intelectual para realizar una evaluación interdisciplinaria de las relaciones que existen entre los recursos hídricos, el cambio en la sostenibilidad ambiental y el desarrollo de una comunidad humana sostenible.

Los procesos co-dinámicos pueden producir un fenómeno emergente o la aparición de nuevas entidades que se han visto reestructuradas después de una perturbación así como la aparición de nuevos comportamientos, las entidades hacen cosas diferentes a las del pasado de forma temporal o permanente. En el caso del contexto institucional de la comarca el "Consortio de Aguas de la Marina Baja" puede considerarse como una institución emergente por su función altamente especializada: obtener agua para los municipios de la zona costera de la comarca. Los procesos co-dinámicos son entonces la suma de todas las interacciones recíprocas entre las entidades que da como resultado una respuesta adaptativa, un cambio estructural de al menos una de esas entidades

Desde 1970 podemos encontrar una nueva cultura del uso del agua en la Marina Baixa. Al pasar de una era de agricultura tradicional en los años 1950s y la emergencia y crecimiento exponencial de la actividad turística ligada al desarrollo urbano en los 1970s el agua pasa a tener un valor nuevo y un significado distinto. El cambio en cómo se percibe el agua se puede relacionar con factores causales que podrían relacionarse con procesos co-dinámicos entre los cambios de uso del suelo y el incremento en la demanda de agua. Quizá el mayor cambio es el modo en que la comunidad de usuarios del agua valora el recurso.

A partir de una encuesta de AQUADAPT a 400 vecinos podemos deducir que el 21% de la población dice tener piscina, lo que contrasta con el hecho de hallarse en una región con pocos recursos hídricos. Por el contrario, cuando se les pregunta que sector económico debe recibir con mayor prioridad el agua durante un período de sequía el 58% de los encuestados responden a favor de la agricultura frente un 37% que opina que la prioridad la debe tener el turismo. El cambio de valores se ve reflejado en la aparición de dos discursos dicotómicos que han dirigido el curso de la gestión y el uso de los recursos hídricos de la comarca. Estos discursos opuestos se mueven en un continuo cuyos extremos son, por un lado, una postura ambientalista biocéntrica que prima la sostenibilidad, la conservación y las necesidades de las generaciones futuras y, por otro lado, un discurso que prioriza las necesidades económicas sobre cuestiones ambientales menos inmediatas que siempre se posponen a un futuro más o menos lejano ante la amenaza de la crisis económica y el paro. En ese mismo discurso social dicotómico, los valores postmaterialistas que resaltan la protección del medio ambiente como un valor social prioritario se ve contrarrestado por unos valores hiperconsumistas y hedonistas que desde los medio de comunicación penetran profundamente en la cultura y psique colectiva hasta conseguir la interiorización de los mismos.

Otro factor relacionado con la misma dicotomía entre valores y comportamiento lo podemos ver en la falta de conocimiento 'local' de las fuentes y el uso de los recursos hídricos de la comarca. Otra encuesta realizada a un representantes de un tercio de las Comunidades de Regantes de la Marina Baixa revela las siguientes deficiencias en el conocimiento en términos del uso del agua para la irrigación de los cultivos. Sólo el 37% de los encuestados tienen un conocimiento correcto de la extensión del regadío. Por otro lado el 78% de los encuestados no conocen el volumen anual de agua usada para irrigación pero al mismo tiempo el 79% de los encuestados tienen un conocimiento adecuado de la tasa con que riegan sus campos. El 59% de los encuestados no mencionan la relación entre lluvia e irrigación (por ejemplo si dejan de regar cuando ha llovido suficiente).

Esta falta de conocimiento 'local' relativo a las fuentes y la demanda de agua a escala de la comarca puede asociarse al hecho de que en la Marina Baixa los trasvases dentro de la comarca y desde fuera de ella han pasado a ser parte de la cultura de uso del agua. En relación al agua para consumo urbano al ser preguntados por el origen de la misma el 67% de los encuestados creen que el agua procede de los recursos superficiales cuando como hemos visto anteriormente los pantanos se rellenan artificialmente en su mayor parte. El producto de lo cual desde una perspectiva de procesos co-dinámicos concuerda con una tendencia general a dar respuestas relacionadas con una "resiliencia" basada en la ingeniería (Gunderson & Holling, 2001) para mantener la sostenibilidad del sistema de gestión del agua. Los efectos son evidentes en un declive general de la calidad ecológica y de un uso insostenible del suelo. por ejemplo la noción de que el desarrollo urbano puede continuar sin límite alguno.

8. Conclusiones.

El desarrollo sostenible representa la conceptualización de hacer compatible el desarrollo económico y la protección del medio ambiente. Revisando la historia social del agua y examinando la situación actual en la Marina Baixa comprobaremos que la meta del desarrollo sostenible no solamente está muy lejos sino que es un destino que, en términos generales, no se plantea en la comarca como escenario al que dirigirse.

Los cambios experimentados por la comarca de la Marina Baixa en sus ecosistemas desde los años 50 pueden calificarse globalmente de degradativos especialmente en la costa. En la

Marina Baixa existe un desajuste entre la oferta local de los recursos hídricos y la demanda. Desde los años 50 se ha producido un crecimiento que no ha tenido en cuenta los límites y restricciones que el ambiente impone en la esfera socioeconómica. El mantenimiento de las actuales condiciones de crecimiento se basan en las aportaciones de subsidios externos al propio sistema, y por tanto la exportación de externalidades negativas que afectan a la sostenibilidad, si consideramos una escala regional más amplia. Por tanto, una mayor tendencia hacia la sostenibilidad pasaría por la reformulación del modelo socioeconómico que buscase fórmulas sociales viables y ambientalmente ajustadas a las condiciones y recursos locales.

9. Bibliografía.

Alberola, A. (1995). Cuatro siglos de técnica hidráulica en tierras alicantinas. Instituto Juan Gil Albert. Diputación de Alicante.

Andreu, J. J. Capilla, S.T. Sánchez, E. Sanchis, E. Serrano, y A. Solera. (1996). "AQUATOOL, Sistema soporte de decisión para la planificación de recursos hídricos". DIHMA.

Andreu, J., J. Capilla, J. Ferrer, y A. Solera. (2000). "Modelo SIMGES de simulación de gestión de recursos hídricos, incluyendo utilización conjunta. Manual de usuario". Universidad Politécnica de Valencia

Bellot, J., Bonet A., Sanchez J.R. and Chirino E. (2001). Likely effects of land use changes on the runoff and aquifer recharge in a semiarid landscape using a hydrological model. *Landscape and Urban Planning*. 778. 1-13.

Bellot, J., Sanchez, J.R., Chirino, E., Hernandez, N., Abdelli, F. and Martinez, J.M., (1999). Effect of different vegetation type cover effects on the soil water balance in a semi-arid areas of south eastern Spain. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, Vol. 24, 353-357.

Castaño Castaño, S. y J. M. Murillo Díaz (2001). Papel de los recursos hídricos subterráneos en el esquema general del suministro conjunto de agua a la comarca de la Marina Baja (Alicante). Boletín geológico y minero. Vol 112.-1. 77-94.

Challen, R., (2000), *Institutions, Transaction Costs and Environmental Policy*, Cheltenham UK, Edward Elgar, p. 7

Chirino, E. (2003). Influencia de las precipitaciones y de la cubierta vegetal en el balance hídrico superficial y en la recarga de acuíferos en clima semiárido. Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología. Tesis doctoral

Costanza, R, et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:252-259.

Dale, M, Dale, P. and Edgoose, T. (2002). Using Markov models to incorporate serial dependence in studies of vegetation change. *Acta Oecologica*, 23: 261-269

- González Hidalgo, J.C., De Luís, M., Raventós, J. and J. R. Sánchez, (2003). Daily rainfall trend in the Valencia Region of Spain. *Theor. Appl. Climatol.* 75, 117–130 (2003)
- Gunderson, L. & Holling, C.S. (2001.) *Panarchy: Understanding transformation in human and natural systems*, Washington, D.C. Island Press
- Jeffrey, P. & McIntosh, B.,(2004). 'Co-evolutionary theory as a conceptual model in the search for sustainable modes of water management: The AQUADAPT brief,' *The AQUADAPT Papers*, School of Water Sciences, Cranfield University, January 2004
- Juárez, C. (1993). Infraestructura hidráulica y crecimiento económico en la Marina Baja (Alicante). Homenaje/Homenatge a Maria Jesús Rubiera Mata. *Sharq Al-Andalus. Estudios Árabes.* Nums.10-11. Universidad de Alicante. 453-466.
- Kates, R.W., et al. (2001). Sustainability Science, *Science*, 292, 641-42.
- Lotze-Campen, H. and Lucht, W. (2004). How to Observe and Model Transitions Towards Sustainability: the Geoscope Initiative. In: Frank Biermann, Sabine Campe, Klaus Jacob, eds. *Proceedings of the 2002 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change "Knowledge for the Sustainability Transition. The Challenge for Social Science"*, Global Governance Project: Amsterdam, Berlin and Oldenburg. pp. 14-20.
- Martens, P., Rotmans, J. (eds.) 2002 : *Transitions in a globalising world*, Swets & Zeitlinger, Lisse.
- Martin-Mateo, R., Juárez, C., Bru, C. (1989) El reto del agua. Instituto Juan Gil Albert. Diputación de Alicante.
- Murillo, J.M. y S. Castaño, (2003). Gestión conjunta de aguas superficiales y subterráneas en un sistema de explotación costero. Aplicación a la Marina Baja de Alicante. Tecnología de la Intrusión de Agua de Mar en acuíferos costeros: Países Mediterráneos. IGME. Madrid. pp. 477-487
- Pastor, J. and Johnston, C.A. (1992). Using simulation models and geographic information systems to integrate ecosystem and landscape ecology. *In* R.J. Naiman (ed.), *Watershed Management*. pp. 324-346. Springer Verlag.
- Rico Amorós, A. (1998) Agua y desarrollo en la Comunidad Valenciana. Publicaciones de la Universidad de Alicante .
- Ruiz, (1998). "Desarrollo de un modelo hidrológico conceptual-distribuido de simulación continua integrado en un sistema de información geográfica". Tesis Doctoral UPV.
- Vera-Rebollo, J.F. (2002). Transferencia de recursos y demandas turísticas. Pp179-200. En: *Insuficiencias Hídricas y Plan Hidrológico Nacional*. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante. Obras Sociales. Caja de Ahorros del Mediterráneo.