

# Evaluación y provisión de caudales ambientales en los cursos de agua del Mediterráneo

- Conceptos básicos, metodologías y práctica emergente

---

Estudio de caso del Mediterráneo

## Revisión de algunos elementos básicos para la evaluación de los caudales ambientales en el bajo Muluya

Autora

**Maria Snoussi**

**Profesora de la Universidad de Mohamed V, Marruecos**

Las opiniones expresadas en este documento pertenecen a sus autores y no reflejan necesariamente los de la UICN.



La publicación de los estudios de caso mediterráneos presentados en este Dossier Informativo ha sido posible gracias a la financiación de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza respaldada por el Gobierno de Holanda y el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores, Dirección General de Cooperación para el Desarrollo, Italia.



El soporte central de las actividades de la UICN en el Centro de Cooperación del Mediterráneo está proporcionado por:



# Revisión de algunos elementos básicos para la evaluación de los caudales ambientales en el bajo Muluya

## I. CONTEXTO DEL BAJO MULUYA:

### Situación y geografía:

Con una superficie de 54.500 km<sup>2</sup>, la cuenca fluvial del Muluya es la mayor cuenca hidrográfica de Marruecos y de los ríos no saharianos de África del Norte. En el plano morfológico, desde el tramo de corriente arriba, el Muluya transcurre a lo largo de una enorme extensión de llanos mientras que las zonas de montaña se abastecen de agua y sedimentos a través de sus numerosos afluentes. Al final del desfiladero que se recorta en las montañas calcáreas, el curso del Muluya, a menudo sinuoso fluye hacia una llanura más ancha. Recorre una distancia de 75 km y desemboca en el Mediterráneo, en medio de una planicie costera que forma un delta de 4 km de anchura y 20 km de longitud.

La zona de la desembocadura y su conjunto de terrenos pantanosos constituyen un enclave de interés biológico y ecológico (SIBE) de alrededor de 3.000 hectáreas. Constituye un refugio para diversos pájaros de interés mundial o nacional, así como el hábitat privilegiado de una fauna diversificada y de formaciones vegetales excepcionales para Marruecos.

En la cuenca fluvial del Muluya predomina un clima mediterráneo semiárido con una irregularidad muy marcada de precipitaciones. El volumen medio anual de precipitaciones se estima en torno a 1.400 millones de m<sup>3</sup> (DGH, 1971) con un índice pluviométrico anual que oscila entre 230 y 380 mm. El coeficiente de escorrentía se calcula en 16 mm para una precipitación media de 300 mm.

En el año 1994, la población de la cuenca del Muluya ascendía a cerca de 2,2 millones de habitantes. Principalmente, abunda la población rural con una clara tendencia a la urbanización, puesto que las estructuras de arraigamiento al medio rural se están debilitando al tiempo que están aumentando los flujos migratorios. En comparación con el año 1985, las tendencias evolutivas de cara al 2020 prevén un fuerte crecimiento de la población sobre todo en el tramo bajo del río Muluya (x 2,13).

Las actividades socioeconómicas están dominadas por el sector agropastoril y por las actividades industriales concentradas en las regiones del norte.

### Política nacional en materia de agua y marco administrativo:

En el ámbito nacional, existen numerosas administraciones implicadas en el sector hidrológico en general y en el ámbito de la cuenca del Muluya en particular, a saber: la Dirección General de Energía Hidráulica, la Oficina Nacional de Agua Potable, el Departamento de Aguas y Bosques y de la Lucha contra la Desertificación, la Oficina de Explotación Agrícola del Muluya, el Secretariado de Estado del Medio Ambiente y el Secretariado de Estado Responsable del Agua. A escala intersectorial, el Consejo Superior del Agua y del Clima se encarga de formular las directrices generales de la política nacional hidrológica y la Agencia de la Cuenca Hidráulica del Muluya se responsabiliza de organizar y gestionar el agua de la cuenca.

En el plano jurídico, la entrada en vigor de la ley 10/95 sobre el agua y de sus principales textos de aplicación permite una gestión de los recursos hidrológicos más eficiente, descentralizada y concertada en todos los ámbitos entre los servicios de la administración, los consumidores de agua y los miembros electos. Gracias a esta ley, se han creado las agencias de la cuenca, con miras a gestionar el agua de forma coherente, teniendo en cuenta la totalidad de la cuenca hidrográfica.

## II- DESARROLLO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS

La cuenca del Muluya experimenta una situación de déficit estructural de agua. El régimen notablemente irregular de precipitaciones y de escorrentías limita las posibilidades de la agricultura

pluvial y del abastecimiento de agua potable e industrial, lo que ha hecho necesario recurrir a la regularización de aportes de agua mediante la construcción del complejo hidráulico Mohamed V-Mechra Homadi y las instalaciones anexas.

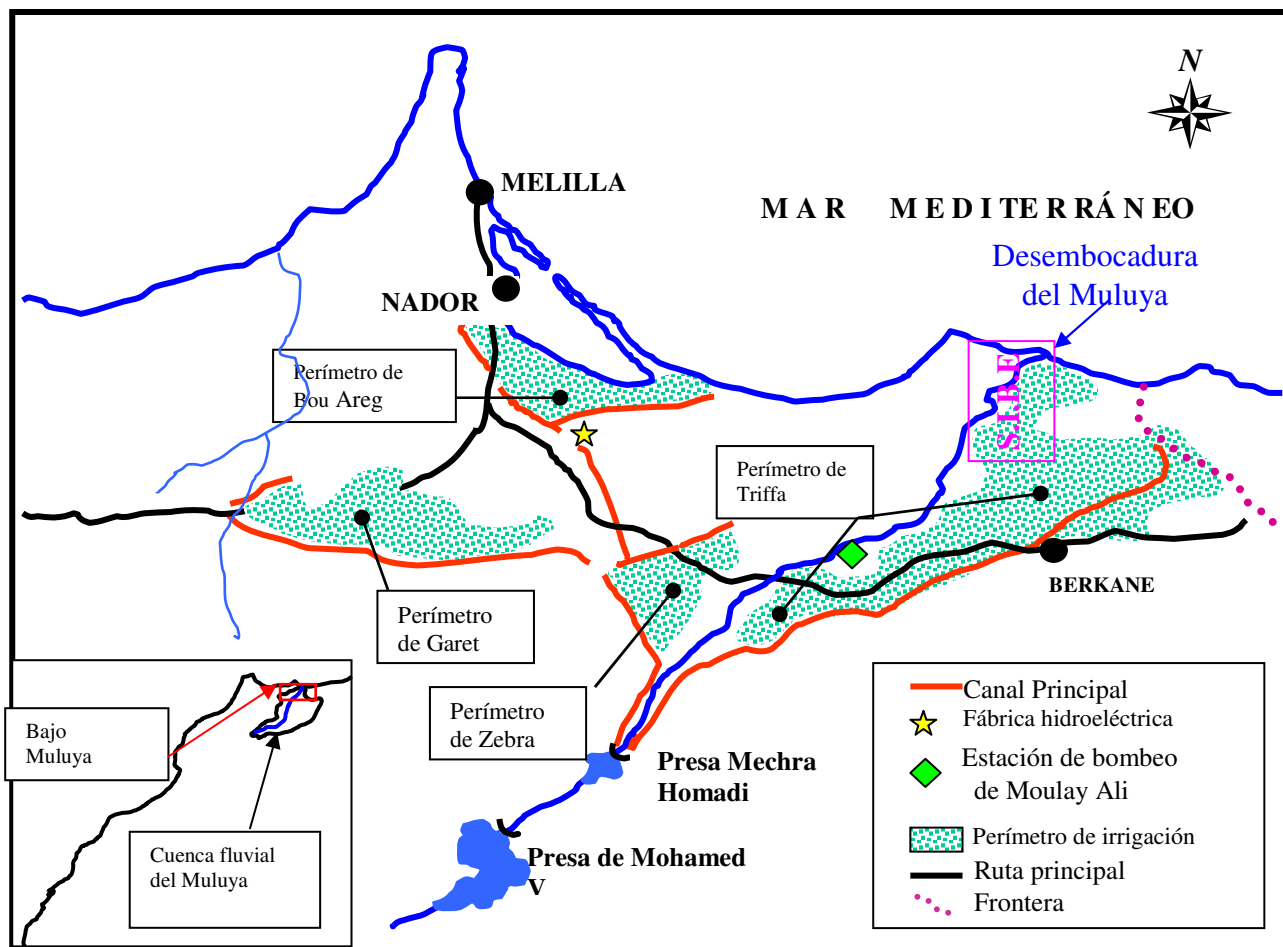


Fig. 1: Situación y ordenación del tramo bajo del río Muluya

### 1- Movilización de las aguas superficiales:

En la tabla 1 figuran las principales instalaciones de movilización de las aguas superficiales que existen en la cuenca fluvial del Muluya.

Instalaciones hidráulicas existentes	Utilización
Complejo hidráulico de las presas Mechra Homadi (1957) y Mohamed V (1967) en el Muluya	- Irrigación de las llanuras del bajo Muluya (524 Mm <sup>3</sup> /anuales) - Alimentación de agua potable de las ciudades de Berkane, Nador y centros vecinos (30 Mm <sup>3</sup> /anuales) - Producción de energía eléctrica (29MW)
Presa Hassan II en el wadi de Za (1995)	- Aumento de la irrigación a lo largo del wadi Za (34 Mm <sup>3</sup> /anuales) - Volumen reservado para aumentar el abastecimiento de agua potable de las ciudades de Oujda, Laayoune y Taourirt (38 Mm <sup>3</sup> /anuales)
Presas y embalses	- Abrevadero para el ganado y protección de determinados centros contra las inundaciones
Estación de bombeo de Moulay Ali (1993)	- Aumento de la irrigación en la llanura de Triffa (bajo Muluya)

Tabla 1: Instalaciones hidráulicas existentes en la cuenca del Muluya (Naïmi, 2002)

La presa de Mohamed V es la instalación más grande construida en el Muluya, ocupa una superficie aproximada de 75 km que circundan la zona de la desembocadura y empezó a funcionar en el año 1967. Garantiza la irrigación de las llanuras del bajo Muluya mediante los volúmenes de agua evacuados y derivados hacia la presa de compensación de Mechra Homadi de la que nacen 2 canales principales: el canal de Triffa, en la orilla derecha, y el canal de la orilla izquierda, que abastece los perímetros de Zebra, Garet y Bou Areg (Fig. 1).

En primer lugar, se han colocado los sistemas de evacuación de agua destinados a desalojar el volumen de agua acumulado debido a las fuertes crecidas con el fin de asegurar la seguridad de las presas, o también para cubrir las necesidades de irrigación según la estación, el volumen disponible de agua en la presa o la campaña agrícola.

Asimismo, la presa de Mohamed V está equipada de una central hidroeléctrica que pasa por una turbina las aguas de riego y una parte de los excedentes.

## **2- Hidrología del Muluya en el tramo de corriente abajo de las presas:**

- En el tramo de corriente abajo de la presa Mechra Homadi, el Muluya se alimenta principalmente de los aportes de las resurgencias de los desfiladeros. La puesta en marcha de la estación de bombeo de Moulay Ali en 1993 pretendía sacar de 3 a 4 m<sup>3</sup>/s para suministrar a las irrigaciones de la llanura de Triffa un recurso adicional. No obstante, el elevado coste de esta operación, así como las alteraciones provocadas en las irrigaciones de PMH han limitado la explotación de las citadas resurgencias, y se podría decir que, actualmente, siguen desempeñando su papel de caudales ambientales atenuando el efecto de abstracción de las aguas impuesto por todas estas instalaciones. En el tramo de corriente arriba de Moulay Ali, se calculan unos aportes suplementarios más o menos salobres de cerca de 2 m<sup>3</sup>/s, puesto que provienen del drenaje de las tierras irrigadas.
- Un poco más allá del tramo de corriente arriba, el Muluya recibe al wadi Cherraa en su orilla derecha, cuyo afluente, el wadi Zegzel, drena las montañas calcáreas de Béni Snassen. Éste alberga un caudal medio anual de 135 Mm<sup>3</sup>/anuales que corresponden en su mayoría a las crecidas, dado que su caudal perenne no supera los 100 l/s. Sin embargo, el wadi Cherraa se utiliza para el riego y, a menudo se encuentra seco mucho antes de unirse al cauce principal del río Muluya.

## **3- Las aguas subterráneas:**

En lo que respecta al bajo Muluya y a la región de Nador, la cuenca hidrogeológica cuenta con:

- La capa freática de Triffa, en la que actualmente se utilizan 3.000 pozos como complemento de las aguas superficiales para la irrigación. El principal problema, no obstante, reside en la salubridad de esta capa, en especial en las zonas bajas. En toda la capa, sólo hay una zona que cubre un tercio de la superficie que puede utilizarse para el regadío (salinidad variable de 0,5 a 1,5 g/l).
- La capa de Béni Snassen, que constituye un acuífero importante formado por los calcáreos dolomíticos de Lias. Para el regadío se utilizan las fuentes y para el abastecimiento de agua potable se realizan perforaciones.
- Las capas freáticas de Garet y Bou Areg, que se alimentan de la lluvia y los caudales de retorno de irrigación. La calidad química es mediocre puesto que la mineralización global oscila entre 2 y 16 g/l.

El volumen total de aguas subterráneas explotado en la actualidad a partir de los distintos acuíferos se calcula en torno a 230 Mm<sup>3</sup>, de los que se utilizan 2/3 para el riego.

#### **4- Balance actual de la utilización de las aguas:**

Los recursos de agua movilizados representan 1.122 Mm<sup>3</sup>/anuales, mientras que la demanda es de 1.222 Mm<sup>3</sup>/anuales. El consumo de agua movilizada proviene sobre todo de la agricultura (95%) y del uso doméstico. Este balance deficitario de 100 Mm<sup>3</sup>/anuales coloca a la cuenca del Muluya en una situación de escasez de agua.

Las prioridades políticas de gestión del agua, sobre todo en períodos críticos de sequía están enfocadas principalmente a satisfacer la demanda de agua potable y agrícola de la población. En cada campaña agrícola, los organismos responsables de la gestión del agua y los agricultores intentan llegar a un consenso para la asignación de los caudales pero la poca disponibilidad de las fuentes suele provocar conflictos entre los distintos usuarios.

Hasta la fecha, la conservación de los valores ecológicos de los humedales en el tramo de corriente abajo de las presas ha brillado por su ausencia en estas políticas. De hecho, no ha sido hasta hace muy poco tiempo, con el estatuto del SIBE y el proyecto MedWedCoast, que se ha reconocido el interés por proteger estas zonas.

### **III- OBSTÁCULOS PARA EL USO DE LOS RECURSOS HIDROLÓGICOS**

No cabe la menor duda de que la regularización del wadi Muluya ha generado muchas ventajas en el desarrollo socioeconómico de la región, sin embargo, existen diversos obstáculos que impiden el transcurso normal de la estrategia de gestión del agua y que incitan a los responsables de la toma de decisiones a buscar otras soluciones o a adaptar su programa de gestión. Entre dichos impedimentos, podemos encontrar:

- *El rápido encenagamiento de las zonas de retención de las presas:*

El Ministerio de Obras Públicas (1996) consideró que las presas de Mechra Homadi y Mohamed V se encontraban en un estado crítico; la primera, debido al volumen de encenagamiento depositado y la segunda, debido a la vida útil estimada. La capacidad de la presa de Mechra Homadi ha pasado de 42 Mm<sup>3</sup> iniciales a sólo 8 Mm<sup>3</sup>. En 1995, ya se procedió a una limpieza del cauce que tenía previsto recuperar 3 Mm<sup>3</sup> de la capacidad perdida.

La rápida colmatación de la zona de retención del embalse Mohamed V constituye otro fenómeno preocupante puesto que el volumen del embalse que, en principio, era de 726 Mm<sup>3</sup>, en la actualidad, no rebasa los 200 Mm<sup>3</sup>, es decir, que ha sufrido una pérdida de alrededor del 73% de la capacidad inicial de la presa. De conformidad con los cálculos del Plan Nacional de Ordenación de las Cuencas Hidrográficas (1994), la capacidad útil del embalse se reduciría a 0 en el año 2020, y la zona de retención se completaría plenamente en el año 2030, 64 años después de su puesta en marcha. Snoussi et al. (2002) calcularon que la vida útil de la presa sería aproximadamente de 59 años.

De acuerdo con los datos suministrados por la Administración de Aguas y Bosques y de la Conservación de Suelos (1994), el deterioro específico se calcula en torno a 240 t/km<sup>2</sup>/anuales, a partir de los aportes sólidos, y 330 t/km<sup>2</sup>/anuales, a partir del encenagamiento de la presa. La importancia de la erosión está directamente ligada a la naturaleza geológica y a la morfología de los terrenos pero también al deterioro rápido de la vegetación y en especial al retroceso de las zonas de vegetación de tipo alfa. Las zonas de erosión recubren alrededor de 1/5 de la cuenca. Parece que la acción mecánica será más importante que la intervención biológica para la protección de la cuenca fluvial. Por otra parte, la construcción de presas nuevas en el tramo de corriente arriba contribuiría a frenar el encenagamiento de la zona de retención de la presa de Mohamed V.

- *Crecidas excepcionales y períodos de sequía:*

En la cuenca del Muluya, los episodios lluviosos son escasos pero, a veces las precipitaciones de abril-mayo y octubre-noviembre pueden ser excepcionalmente intensas y generalizarse en toda la cuenca. Éste fue el caso de las crecidas de mayo de 1963 (la más intensa), abril de 1975 y noviembre de 1993. La crecida de 1963 llegó a 7.200 m<sup>3</sup>/s y provocó no solamente un cambio importante de la morfología

del bajo Muluya y de su desembocadura sino también importantes catástrofes. La evacuación de las crecidas se efectúa mediante las instalaciones de las presas de Mohamed V y Mechra Homadi destinadas a este fin. Sin embargo, puesto que ésta última ha alcanzado un nivel máximo de 6.000 m<sup>3</sup>/s, se ha hecho evidente que estas instalaciones no se han dimensionado en su justa medida, lo que pone en peligro la seguridad de las presas. En virtud del Plan Director, la construcción de nuevas presas en los tramos de corriente arriba, o el crecimiento de la capacidad de evacuación de 2 presas existentes de 3.000 m<sup>3</sup>/s (demasiado costosas) podrían vislumbrarse como soluciones en potencia.

Por otra parte, toda la región de Marruecos se ha visto marcada por rigurosas sequías tanto en intensidad como en duración, a lo largo de las dos últimas décadas. En la cuenca del Muluya, los períodos de sequía de 2 a 5 años de media, han afectado de manera grave a la agricultura, el ganado, el abastecimiento de agua potable y la producción hidroeléctrica.

*- Deterioro de la calidad de las aguas:*

El desarrollo de las actividades urbanas e industriales, generadoras de aguas residuales y desechos sólidos, así como el uso intensivo de abonos y productos fitosanitarios en la agricultura en la cuenca del Muluya han comportado inevitablemente un deterioro de la calidad de los recursos hidrológicos. La red de seguimiento, instaurada por la Dirección General de Energía Hidráulica en toda la cuenca refleja que algunas capas (Angad, Triffas) poseen una salinidad y un importante contenido en nitratos. La zona de la desembocadura ha revelado la presencia de metales pesados (en particular Zn y Cd) en las aguas, los sedimentos y las angulas (Rahhou, 1995).

En consecuencia, deben dedicarse muchos esfuerzos a la protección de las aguas, con el fin de limitar las consecuencias negativas sobre el medio ambiente y la población.

### **III- HERRAMIENTAS Y MÉTODOS QUE PUEDEN UTILIZARSE PARA LA EVALUACIÓN DE LOS CAUDALES AMBIENTALES DEL BAJO MULUYA:**

Todavía no se ha realizado un estudio integrado de la cuenca del Muluya que haya permitido definir las condiciones necesarias para la asignación de un caudal ambiental. Sin embargo, se han efectuado por separado una serie de estudios hidrológicos, sedimentológicos, morfológicos, medioambientales, ecológicos y socioeconómicos, cada uno de los cuales apunta a objetivos específicos, relacionados con esta cuenca. El estudio más importante, aunque no está actualizado, es el que ha permitido a la Dirección de Investigación y Planificación del Agua establecer el Plan Director de Ordenación de las Aguas de la Cuenca del Muluya (Conferencia de Estadígrafos Europeos, 1992). A continuación, se citan los principales resultados de estos trabajos:

#### **1- Establecimiento de un programa de las necesidades de agua y esquema de distribución futuro:**

En función de los proyectos actuales de demanda de agua, la Dirección de Investigación y Planificación del Agua ha establecido una programación de las instalaciones de movilización de las aguas para el año 2020 y ha propuesto un esquema de distribución dirigido a enfrentarse a la presión cada vez mayor sobre el uso de los recursos hídricos ya limitados de la cuenca del Muluya. Este esquema se ha fijado como objetivos principales:

- La movilización máxima de los recursos de agua para satisfacer la demanda de agua potable, industrial y de regadío.
- La protección de la presa de Mohamed V contra el encenagamiento o colmatación.
- La laminación de la crecida máxima registrada de 6.000 m<sup>3</sup>/s.

Los proyectos del balance de recursos-necesidades consideran un esquema sin ninguna presa nueva y un esquema con la construcción de presas de interés local y presas de interés regional.

El primer proyecto ocasionará un déficit aproximado de 200 Mm<sup>3</sup>/anuales, mientras que el proyecto con presas arrojará un balance con un excedente aproximado de 30 Mm<sup>3</sup>/anuales con un índice de utilización del bajo Muluya del 81%. Sin embargo, las previsiones de la demanda de agua que

aparecen en el Plan Director del Muluya (1992) se han superado ligeramente. El informe de 1997 sobre el estudio del sector del agua del Ministerio de Obras Públicas ha actualizado de nuevo los datos integrando las previsiones más recientes (Tabla 2).

Recursos/Necesidades	Volumen regularizado en el sistema (Mm <sup>3</sup> /anuales)
Movilización de las aguas superficiales	
Presas reguladoras existentes	480
Presas proyectadas de aquí al 2020	355
Estaciones de bombeo Moulay Ali	95
Total aguas superficiales	930
Explotación de las aguas subterráneas	500 Mm <sup>3</sup> /anuales
<b>Total Recursos</b>	<b>1.430 Mm<sup>3</sup>/anuales</b>
Demanda de agua potable e industrial	148 Mm <sup>3</sup> /anuales
Demanda de agua de riego	1.458 Mm <sup>3</sup> /anuales
<b>Total demandas</b>	<b>1.606 Mm<sup>3</sup>/anuales</b>
<b>Balance para el año 2020</b>	<b>- 176 Mm<sup>3</sup>/anuales</b>

Tabla 2: Balance de Recursos-Necesidades dirigido al año 2020 en la cuenca del Muluya (Ministerio de Obras Públicas, 1996)

Parece que, pese a la construcción de las nuevas presas proyectadas, los recursos hidrológicos disponibles en el año 2020 no satisfarán plenamente la demanda de agua. Además, el déficit obtenido de 176 Mm<sup>3</sup>/anuales se ha calculado muy por debajo del valor real puesto que no ha tenido en cuenta la reducción de los recursos hidrológicos. En Marruecos, para el año 2020, se calcula una disminución de recursos aproximada del 15%, debido al calentamiento global (MATUHE, 2001).

En el plano medioambiental, el análisis de los impactos provocados por la construcción de las distintas presas que se expone en el Plan Director anticipa:

- Los efectos negativos exclusivamente relacionados con las superficies y las comunidades inundadas por el llenado de las presas. No obstante, en el estudio de impacto no se han considerado en absoluto las poblaciones de riesgo y los ecosistemas situados en el tramo de corriente abajo de las presas.
- Las posibles consecuencias positivas sobre la calidad del agua del Muluya y de sus afluentes, con motivo de la previsión de un apoyo al estiaje que podría reducir las posibles contaminaciones.

Actualmente, con el estatuto del SIBE y el diagnóstico del proyecto MedWetCoast, se puede esperar que el tramo de corriente arriba se incluya totalmente en las estrategias de gestión de la cuenca de los recursos naturales en general y de los recursos hidrológicos en particular.

## 2- Modelos de gestión propuestos para el bajo Muluya:

Se ha realizado un estudio de gestión de las aguas sobre la presa de Mohamed V en tiempo real con elaboración de herramientas de ayuda para la toma de decisiones (Tabit, 1993). Dichas herramientas se han instalado en la Dirección de la Investigación y Planificación de la Energía Hidráulica.

Se han considerado dos estrategias: la estrategia “normal” optimizada a largo plazo y la estrategia “sequía” optimizada en una situación de escasez persistente.

La determinación de las asignaciones a medio plazo basada en el valor económico se ha efectuado a partir del modelo de programación dinámica LORIT, teniendo en cuenta las limitaciones físicas de los embalses superficiales y subterráneos y las limitaciones de la calidad del agua.

Al publicarse los resultados de los estudios se han propuesto dos ayudas para la toma de decisiones:

- Ayuda para la definición de los programas de regadío del 1 de octubre al 1 de marzo.
- Ayuda para la decisión de la evacuación de agua de las presas y las estaciones de bombeo a un ritmo mensual y diario para el programa de cultivo adoptado teniendo en cuenta la evolución de la situación hidrológica y el volumen de agua en la zona de retención de la presa de Mohamed V.

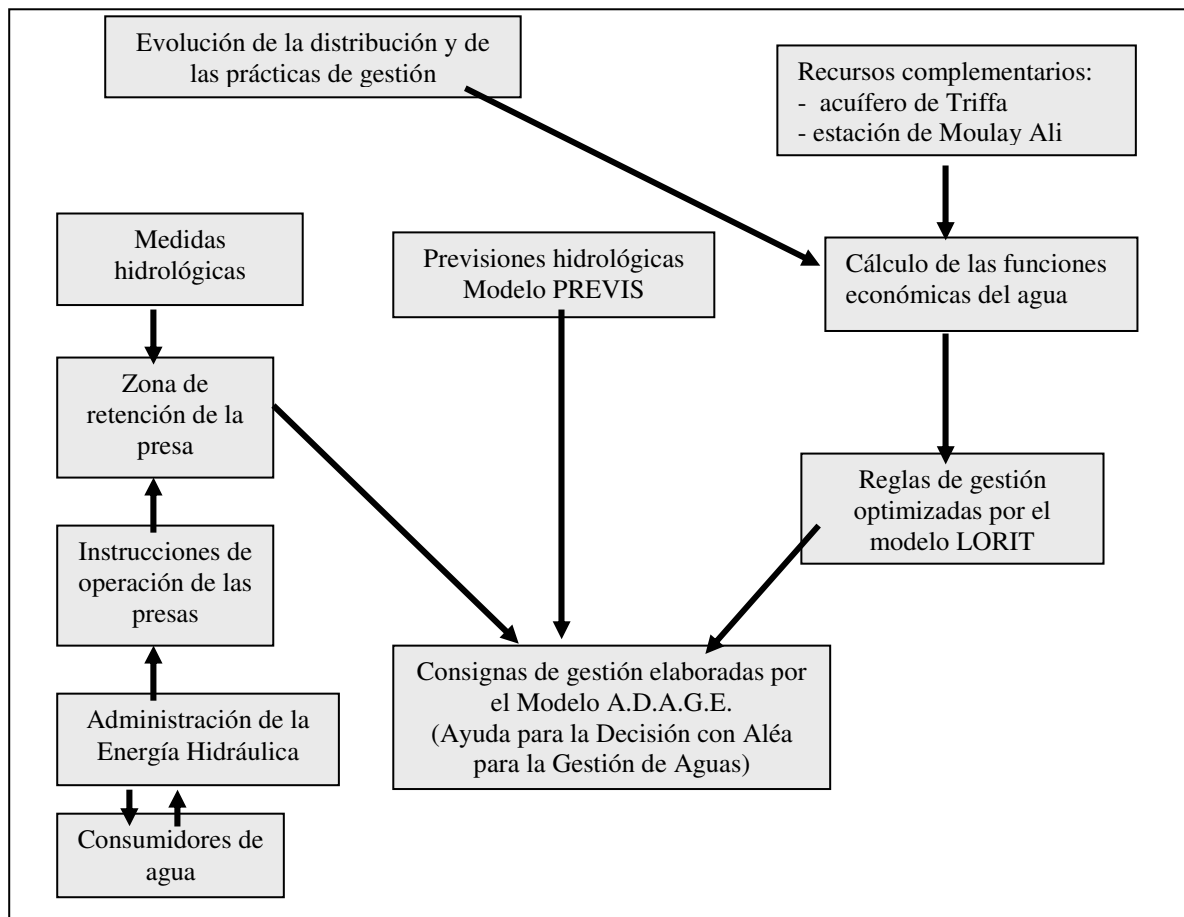


Fig.2: Herramientas para la gestión de recursos hidrológicos del bajo Muluya (Tabit, 1993).

Este estudio dificulta, no obstante, la puesta en marcha de un sistema de gestión debido a la complejidad de los problemas y a las incertidumbres en cuestiones como la organización, la economía, el conocimiento de los recursos de aguas subterráneas, la agricultura, la calidad de las aguas, la adhesión de los consumidores, etc.

Aunque no hace mención de los caudales que abastecen a las presas para fines de explotación mediante los usuarios ni hace ninguna alusión al caudal ecológico mínimo, este modelo será de utilidad para la evaluación futura de dichos caudales con una visión más global, puesto que ya presenta las consignas de evacuación de agua en función de determinado número de datos.

### 3- Estudio de la reducción de los aportes líquidos y sólidos y de su impacto sobre el tramo inferior del Muluya (Snoussi et al. 2002):

Este estudio constituye una nueva aportación para un estudio global de los caudales ambientales del Muluya, de hecho, contribuye a consolidar los conocimientos sobre las alteraciones de los caudales continuos de los tramos de corriente arriba y corriente abajo del Muluya, tras la construcción de las presas. Se basa en los datos de los caudales líquidos y sólidos disponibles en la Dirección General de la Energía Hidráulica.



Estaciones	Aportes líquidos (Mm <sup>3</sup> /anuales)	Aportes sólidos (10 <sup>3</sup> t/anuales)
Tramo de corriente arriba de las presas (Estación Melg El Ouidane)	941	8.600
Tramo de corriente abajo de las presas (Estación Saf Saf)	317*	500*
Índice de reducción entre los tramos de corriente arriba y corriente abajo de las presas	66%	93%

(\*)Estos valores no tienen en cuenta que la evacuación de las presas son factores muy variables y que dependen de un gran número de causas.

Tabla 3: Aportes líquidos y sólidos del Muluya en los tramos de corriente arriba y corriente abajo de las presas.

Pese a la ausencia de un número considerable de datos en algunas estaciones de los tramos de corriente abajo de las presas, el balance de la situación actual (Tabla 3) muestra que los aportes líquidos de Muluya han sufrido una reducción del 66% en el tramo de corriente abajo de las presas. Si restamos el volumen utilizado para el regadío (25 Mm<sup>3</sup>), obtenemos un volumen de agua hacia el mar de 292 Mm<sup>3</sup>, es decir, el 31% del volumen total del Muluya.

En cuanto a los aportes sólidos, si no tenemos en cuenta la evacuación de agua de las presas, la reducción de los aportes en el tramo de corriente abajo se calcula en un 93%, un valor similar al del factor de captura (Trapping Efficiency) de las zonas de retención calculado por Snoussi et al. (2002) también en un 93%. Esto significa que, en la actualidad, sólo un 7 % de los aportes sólidos de Muluya deberían llegar al mar.

Sin lugar a dudas, la construcción de las presas de Mohamed V y Mechra Homadi en el Muluya ha ejercido numerosos impactos positivos en cuanto a la movilización y a la utilización de recursos hidrológicos para mejorar el nivel de vida de las poblaciones de la región. Estas presas multifuncionales (agua potable e industrial, riego, energía, etc.) poseen una función añadida de descrestamiento de las crecidas. Sin embargo, se han detectado otros impactos negativos tanto en el plano medioambiental como en el plano socioeconómico de los ecosistemas en los tramos de corriente abajo.

### Impactos medioambientales

#### *- Cambio de la morfología del tramo inferior del Muluya*

El estudio de la evolución histórica del tramo inferior del Muluya y de la línea costera a partir del análisis de fotografías aéreas y de imágenes de satélite (Zourarah, 1995; Boumeaza, 2002; Imassi et Snoussi, 2003) ha mostrado que durante más de medio siglo, el tramo inferior del Muluya y su delta han registrado importantes cambios principalmente vinculados a la modificación de la cantidad de aportes de agua y de sedimentos procedentes de la cuenca hidrográfica. A su vez, estos últimos están condicionados, por una parte, por los fenómenos climáticos y, por la otra, por las instalaciones (presas, canales, etc.) establecidas en la cuenca fluvial. De hecho, desde la colocación de las presas y la reducción drástica de los aportes, sobre todo sedimentarios, la morfología costera ha reaccionado mediante destacables reajustes que se han traducido en zonas de erosión y zonas de sedimentación. Pero, en general, se puede decir que el delta muestra un claro retroceso estimado medio de 10 m/anuales y que la zona de la desembocadura del Muluya se enclava actualmente en su terraza fluvial más baja, que ya había construido antes de la instalación de las presas.

### Salinización de las aguas:

- Aguas superficiales:

En el tramo de corriente arriba de la presa de Mohamed V, las aguas del Muluya y sus afluentes suelen ser de buena calidad. Las aguas de la zona de retención de Mohamed V poseen una salinidad del orden de 1 g/l. Ésta aumenta de forma progresiva en el tramo de corriente abajo de Mechra Homadi de 1,7 g/l a 2,6 g/l para un caudal de base que crece de 4 m<sup>3</sup>/s en el tramo de corriente abajo de los desfiladeros a 6 m<sup>3</sup>/s en la desembocadura. La estación de bombeo de Moulay Ali también ha tenido como consecuencia un aumento de la salinización de las aguas del bajo Muluya. En 1996, la salinidad de las aguas superficiales variaba entre 1,12 y 3,74 g/l (Benkaddour, 1997).

Además, hay que señalar el aumento de la intrusión de las aguas marinas hacia el tramo de corriente arriba con motivo de la reducción de los aportes de agua dulce.

- Aguas subterráneas:

No cabe la menor duda de que la construcción de las presas y, por tanto, el desarrollo de la agricultura en el bajo Muluya ha deteriorado indirectamente la calidad de las aguas subterráneas de las llanuras de Triffa, Zebra, Garet y Bou Areg en las que la salinidad de las aguas, a veces resulta ser muy elevada. Parece que en 1996, las 3/4 del agua de la capa de Triffa estaban consideradas como saladas y no adecuadas para el regadío (Benkaddour, 1997). La evolución de esta salinización depende del régimen climático y de la explotación de las capas mediante las estaciones de bombeo privadas. Con el fin de luchar contra este aumento de la salinidad de las capas y de los suelos en los perímetros irrigados, se han iniciado obras de drenaje cuyo efecto puede mejorar si racionalizamos el bombeo de las aguas subterráneas para el regadío.

La contaminación de las capas mediante el abono y los pesticidas todavía no ha alcanzado niveles muy elevados. De acuerdo con la información provista por el Consejo Superior del Agua (1990) y Benkaddour (1997), sólo del 2 al 3% de los pozos poseen un contenido en nitratos superior al límite de 50 mg/l fijado por las normas europeas.

### Impactos socioeconómicos:

El colmataje de la presa de Mohamed V ha desencadenado importantes pérdidas, a saber, pérdidas en la producción agrícola debidas al abandono de las tierras inundadas o demasiado saladas, proletarización de los pequeños agricultores, pérdidas en el sector del empleo y pérdidas en la producción de energía. Según el Ministerio de Agricultura y Explotación Agrícola (1997), para el año 2030, se prevén unas pérdidas económicas totales en la producción agrícola (70.000 hectáreas) que se cifrarían en 740 millones de dirhams y unas pérdidas en la energía eléctrica que ascenderían a 300 millones de KWh, es decir, 210 millones de dirhams. En total, las pérdidas económicas debidas al encenagamiento de la presa de Mohamed V se calculan en 950 millones de dirhams para el año 2030. La evaluación económica de los costes de la erosión en los tramos de corriente arriba y corriente abajo de la presa (MAMVA, 1995) ha revelado que, contrariamente al resto de cuencas de Marruecos, la cuenca del Muluya refleja unas pérdidas en el tramo de corriente abajo de la presa (1.185 millones de dirhams) más elevadas que las del tramo de corriente arriba (630 millones de dirhams).

La pérdida o el descenso de los valores y las funciones ecológicas de los humedales de los tramos de corriente abajo, pese a ser muy difíciles de cuantificar, se han valorado en el marco del proyecto MedWetCoast (Khattabi, 2002).

## **4- Diagnóstico para la ordenación del humedal de la desembocadura del Muluya (Proyecto MedWetCoast):**

Hasta el momento, el único estudio que se ha realizado sobre la evaluación del estado de los humedales en el tramo de corriente arriba de las presas se desarrolló en el marco del proyecto

MedWetCoast-Marruecos (2003) englobado en el SIBE de la desembocadura del Muluya. El citado proyecto, cuyo objetivo principal radica en la conservación de los ecosistemas de los humedales y las zonas litorales del Muluya, podría constituir una iniciativa interesante para un debate global sobre las condiciones necesarias para los caudales ambientales.

El análisis del estado actual del humedal del delta del Muluya, llevado a cabo por un equipo multidisciplinar en el marco del Proyecto MedWetCoast (Dakki et al., 2003), reveló que sobre este hábitat pesan diversos problemas y amenazas. Parece que, según este estudio, las alteraciones hidrológicas serían las principales causas directas de dichos problemas. Efectivamente, en esta zona se han producido pérdidas de hábitats pero también cambios notables en la naturaleza y en la extensión relativa a éstos. Por una parte, dichos cambios se han originado de resultados de la profunda modificación morfológica provocada por la reducción de los aportes de sedimentos y, por la otra se deben a la disminución de aportes de agua dulce hacia la capa. De hecho, es difícil asociar un problema u otro a una única causa. No obstante, podemos resumir a continuación aquellos que parecen ligados directa o indirectamente a las alteraciones hidrológicas del Muluya:

- *Disminución de la función hidrológica del humedal:*

El humedal ya no absorbe las inundaciones de la ribera, que aseguraban el llenado de la capa litoral de agua dulce utilizada para el regadío. En la actualidad, tras la construcción de las presas y los períodos de sequía, esta función solamente está asegurada en el ámbito local mediante algunas depresiones y canales que retienen las aguas de lluvia y del drenaje. En principio, esta situación ha facilitado la conquista de los humedales en beneficio de la agricultura. Pero otra consecuencia, a saber, el aumento de la salinidad de las aguas y de los suelos, ha invertido la tendencia en el ámbito local, y parece que los terrenos de cultivo están cada vez más abandonados.

- *Pérdidas en biodiversidad*

- Entre los *invertebrados*, las dos especies *Venus gallina* y *Cardium edule* se han extinguido en gran medida. Dichas especies probablemente han sufrido a la vez un intenso nivel de contaminación y diversos cambios de hábitat (sedimentos encenagados y profundidad más débil).
- En cuanto a los *peces*, el análisis refleja una fuerte regresión de existencias de peces migratorios y peces de estuario, así como la proliferación de barbos. En especial, éste es el caso del sábalo común, que era un ejemplar que se pescaba en cantidades considerables, mientras que ahora parece haber desaparecido del lugar. Es probable que su pérdida sea ocasionada por la construcción de presas pero también por la pesca excesiva en mar en el momento de la subida de los individuos reproductores y quizás también por el deterioro de sus desovaderos debido a la contaminación provocada por los residuos de la industria azucarera de Zaïo y a la evacuación de la presa de Mechra Homadi.
- Probablemente, las aves no han sufrido pérdidas fatales. Sin embargo, posiblemente la salinización habrá afectado a la vegetación alta de las marismas y por lo tanto, a su avifauna nidícola.
- Además, la intensificación de la agricultura posterior a la planificación de los recursos hidráulicos ha contribuido de forma indirecta al deterioro de la calidad de las aguas subterráneas mediante el aporte de fertilizantes y de pesticidas, lo que puede constituir una amenaza real para la biodiversidad.

- *Descenso/Pérdidas de los valores económicos* (Khattabi, 2002):

El cese de actividades como la pesca, la acuicultura y la recogida de conchas en el tramo inferior del Muluya se ha traducido en una pérdida de beneficios que ha engendrado una emigración hacia el extranjero o hacia otras ciudades de Marruecos, o a veces en una reconversión de los pescadores en agricultores u obreros agrícolas. Diversos agricultores se han visto obligados a cambiar de tipo de cultivo debido a la intensa salinidad de las aguas.

Por el contrario, parece que la especie *Tamarix*, explotada por el pasto y la recogida de madera ha ganado en extensión en el lecho del wadi debido al descenso de las escorrentías pero estaría amenazada por la explotación de las canteras de arena que destruyen su hábitat.

Todos estos resultados pueden constituir piezas clave en el enfoque global de la definición de los caudales ambientales en la cuenca del Muluya y de necesidad o no de una asignación suplementaria a partir de las presas.

#### **IV- CARENCIAS Y ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS NECESARIOS:**

Si bien los resultados que ya se han adquirido constituyen elementos de base importantes para la evaluación de los caudales ambientales del bajo Muluya, se precisa de otros estudios para realizar un enfoque más global e integrador de todos los componentes del sistema, entre los cuales se puede citar:

##### *i) En el plano científico:*

- Estudios hidrológicos (cantidad y calidad) más detallados y basados en largas series de datos de caudales continuos y precisos, sobre todo en el tramo aguas debajo de los embalses.
- Propuesta de un enfoque de gestión conjunta de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas, ya que ésta precisa del establecimiento de un modelo actualizado sobre el funcionamiento en régimen transitorio del acuífero de Triffa.
- Actualización y concepción de nuevos modelos hidrológicos.
- Estudio de los límites de tolerancia de la fauna y de la flora en las alteraciones hidrosedimentarias o de deterioro de la calidad de las aguas.
- Mejor conocimiento del funcionamiento hidrodinámico de la zona de interfaz agua dulce-agua salada.
- Seguimiento fenológico de los hábitats, con estudio de la microdistribución espaciotemporal de la vegetación, la fauna acuática y los pájaros (encargado por el equipo del proyecto MedWetCoast-Muluya).

##### *ii) En el plano institucional y legislativo:*

- Necesidad de un buen funcionamiento de los mecanismos de concertación con todos los usuarios, sobre todo en períodos climáticos extremos.
- Necesidad de una mejor coordinación entre las distintas administraciones que gestionan los recursos hidrológicos de la cuenca del Muluya. Se prevé que la Agencia de la Cuenca Hidráulica del Muluya, instituida en el año 2000, desempeñe este papel.
- Necesidad de una mejor sensibilización de los responsables de la toma de decisiones para obtener una visión más clara del concepto de caudal ambiental.
- Necesidad de instaurar textos legislativos y mecanismos que permitan, en función de estudios ya adquiridos, desarrollar un enfoque integrado de los caudales ambientales y de evaluar las medidas para su asignación.

#### **- Propuestas:**

Con objeto de mejorar la función de los caudales del Muluya en el plano medioambiental en el tramo de corriente abajo de las presas, proponemos las acciones siguientes:

##### *A corto plazo:*

- Limitar los bombeos de Moulay Ali que, por cierto, resultan bastante caros, con el fin de dejar que las resurgencias en el tramo de corriente abajo de las presas desempeñen su papel ecológico.
- Controlar y mejorar la calidad de las aguas de caudal de retorno de irrigación racionalizando el bombeo de las aguas subterráneas para la irrigación.
- Rehabilitar la calidad de los afluentes situados en el tramo de corriente abajo de las presas

(Cherraa y Zegzel) instalando una planta depuradora de las aguas de uso doméstico de la ciudad de Berkane y limitando los bombeos privados.

A más largo plazo:

- Luchar contra el colmataje de las presas que sigue haciendo descender cada vez más su capacidad útil, llevando a cabo conjuntamente acciones de reforestación de los terrenos más expuestos a la erosión y acciones de corrección mecánica de los lechos de los torrentes de montaña. Asimismo, estas acciones disminuirían el encenagamiento de los canales de irrigación y, de este modo, mejorarían su caudal. La construcción de las nuevas presas proyectadas en el tramo de corriente arriba también podrían contribuir a disminuir los depósitos de sedimentos en la zona de retención de Mohamed V.
- Volver a poner en funcionamiento los distintos equipos dañados por el aporte de grandes cantidades de sedimentos después de cada crecida. La Oficina Regional de Explotación Agrícola del Muluya ya está llevando a cabo una gran campaña de rehabilitación de bocas de riego.
- Promover la economía del agua racionalizando su distribución y mejorando la eficacia del riego. La Oficina Regional de Explotación Agrícola del Muluya intenta introducir las técnicas más modernas de riego y menos consumidoras de agua y sensibiliza a los agricultores para que las adopten mediante atractivas subvenciones.
- Mejorar los recursos jurídicos y normativos de los que derivan los conocimientos científicos y tecnológicos actuales y hacer respetar los textos legislativos por medios de incitación-disuasión.
- Movilizar recursos suplementarios mediante la reutilización de aguas residuales de las zonas urbanas en el tramo de corriente abajo de las presas, en especial en Oujda, Nador y Berkane. Lo que representaría un potencial aproximado de 40 Mm<sup>3</sup>/anuales en el año 2020.
- En caso de necesidad extrema, transferir el agua de la cuenca de Sebou o de las cuencas litorales mediterráneas, procurando que estas operaciones tan costosas no introduzcan modificaciones importantes en la ecología del medio.

## V- LECCIONES:

Las principales enseñanzas que se pueden extraer de este estudio se resumen del modo siguiente:

- Los conocimientos científicos y tecnológicos actuales constituyen puntos fuertes que, integrados en una visión más global resultan muy valiosos para definir un caudal ambiental en el bajo Muluya y las condiciones necesarias para su asignación.
- A pesar del crítico estado de escasez de agua en la cuenca y de las fuertes presiones futuras previstas, el reto mayor que se puede destacar consiste en conciliar la satisfacción de las necesidades de agua de las poblaciones y el mantenimiento de las principales funciones de los humedales en el tramo de corriente abajo que, a su vez, benefician a la población costera. Así que es imprescindible implicar a esta población, y sobre todo a los agricultores, en todas las etapas de las estrategias de gestión.
- Un análisis de costes/beneficios de todos los impactos que afectan a la vida de la población costera, y que a veces son responsables de su éxodo, podría derivar las decisiones hacia la asignación de un caudal ambiental en el tramo inferior del Muluya.
- Es obligatorio incluir la noción de caudal ambiental en todos los estudios de impacto antes de la realización de las presas programadas de aquí al año 2020. Para ello, es necesario consolidar los conocimientos científicos y técnicos.
- En definitiva, para mejorar las funciones hidrológicas y medioambientales del Muluya, es evidente que hay que desarrollar una gestión conjunta del agua y los sedimentos integrando la gestión de la sequía que se ha convertido en un fenómeno estructural en la región.

## Bibliografía:

- Benkaddour R. (1997): Contribución al estudio de la salinidad y la contaminación mediante los nitratos de las aguas subterráneas de la llanura de Triffa (Bajo Muluya). Tesis 3<sup>er</sup> ciclo, Univ. Mohamed 1<sup>er</sup>, Oujda. 97 p.
- Boumeaza T. (1998): Morfología y evolución del delta y del litoral del bajo Muluya, Marruecos nororiental: aportación de imágenes aéreas y satélites. *Géo Observateur* N° 8, marzo de 1998 p. 65-76.
- Consejo Superior del agua (1990): Plan Director de desarrollo de los recursos hidrológicos de la cuenca del Muluya. Informe de la 5<sup>a</sup> sesión, Rabat, 71 p.
- Imassi S., & Snoussi M. (2003): Historical shoreline changes at the Muluya deltaic coast in connection with land use effects . 1<sup>st</sup> Conference on “Stuying land Use Effects in Coastal Zones with Remote Sensing and GIS”, Kemer, Turkey, 13-16 August 2003 (Cambios históricos en la línea costera del delta del Muluya relacionados con los efectos del uso de la tierra. 1<sup>a</sup> Conferencia sobre el estudio de los efectos del uso de la tierra en las zonas costeras con sensor remoto y SIG, Kemer, Turquía, 13-16 de agosto de 2003).
- Khattabi A. (2002): Estudio socioeconómico de la desembocadura del Muluya. Informe provisional, MedWetCoast Marruecos, 82 p.
- MATUHE (2001): Comunicación Nacional Inicial a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. COP7, Marrakech.
- Ministerio de Agricultura y Explotación Agrícola (1994): Plan Nacional de Ordenación de las Cuencas Hidrográficas. Fase II, Volumen 2, Rabat.
- Ministerio de Obras Públicas (1996): Estudio del Sector del agua. Temas 1 y 2, Nedeco-Holinger-CID, julio de 1997, Rabat.
- Naïmi A. (2002): Recursos hidrológicos en la región oriental. Jornadas de estudio "El agua y el desarrollo en la región oriental ", DGH, Oujda, 21 de marzo de 2002. p. 21-28.
- Rahhou I., (1995): Contribución al estudio ecológico y toxicológico de las angulas *D'Anguilla anguilla* L. 1758 de la zona de baja Muluya. DES 3<sup>er</sup> ciclo, Univ. Mohamed 1<sup>er</sup>, Oujda, 168 p.
- Secretariado de Estado de Medio Ambiente y Departamento de Aguas y Bosques y Lucha contra la Desertificación: (2003): MedWetCoast Marruecos: Diagnóstico para la ordenación de los humedales del nordeste de Marruecos. Informe final. (Realizado por Dakki et al.)
- Snoussi M., Haida S. et Imassi S. (2002): Effects of the construction of dams on the Muluya and the Sebou rivers (Morocco) (Efectos de la construcción de presas en los ríos Muluya y Sebou). *Reg. Environ. Change, Vol. 3, N° 1-3 Dec. 2002. p. 5-12.*
- Tabit A. (1993): Gestión de los recursos hidrológicos del sistema hidráulico del bajo Muluya. *Revue Eau et Développement* N° 15, junio 1993, p. 30-35.
- Zourarah B. (1995): La zona litoral del Muluya (Marruecos nororiental): tránsitos sedimentarios, evolución morfológica, geoquímica y estado de la contaminación. DES 3<sup>er</sup> ciclo, Univ. Mohamed V, Rabat, 197 p.