

ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA MORFOLOGÍA Y DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA DEL RÍO GUADARRAMA (MADRID) MEDIANTE FOTOGRAFÍAS AÉREAS

E. P. Aguirre (*), S. Merino-De Miguel (*), M. Marchamalo (**), L. Carrero (*) y D. García de Jalón (**).

(*)EUIT Forestal, UPM, Ciudad Universitaria s/n. 28040 (Madrid.) silvia.merino@upm.es

(**)ETSI Caminos, Canales y Puertos, UPM, Ciudad Universitaria s/n. 28040 (Madrid).

(**)ETSI Montes, UPM, Ciudad Universitaria s/n. 28040 (Madrid).

RESUMEN

En el presente estudio se realiza una caracterización y clasificación de la cuenca del Guadarrama (Madrid), basada en una metodología de clasificación de tipo jerárquico que contempla diferentes escalas de trabajo y factores de estudio, basado en criterios hidromorfológicos y ecológicos, y válido para los requerimientos de clasificación de la Directiva Marco del Agua. A continuación, se lleva a cabo un análisis detallado de la morfología y vegetación de ribera en tres de las unidades definidas en base a la citada clasificación. Para ello se utilizan fotografías aéreas de distintas épocas y tecnología SIG. Además, se realiza trabajo de campo para ser utilizado tanto en el análisis de los datos como en la validación de los resultados. La labor de clasificación ha dado como resultado 13 tipos fluviales distintos para la cuenca. Del estudio de los tramos escogidos, se ha encontrado una reducción en superficie de cauce y barras entre otros elementos, con aumento de la vegetación riparia contigua al cauce, lo que permite relacionar la regulación de caudales en la cuenca con la evolución estudiada.

ABSTRACT

In this study we present a river characterization and classification of the Guadarrama River Basin (Central Spain). This classification is based on a hierarchic method which accounts for different scales of analysis and factors of study, based on hydrological and ecological criteria, valid for the requirements of classification of the Water Framework Directive. In a second step, a detailed analysis of the morphology and vegetation is carried out in three of the units defined with the classification. Aerial photographs and GIS technology is used in order to analyze the sketches. In addition, it was necessary field work to help in the analysis and to validate the results. As a first result, we have 13 different fluvial types for the river basin. On the study of the selected sections, we have found a reduction in channel surface and bars among other elements, with an increase of the contiguous riparian vegetation in the channel, which allows us to relate the regulation of volumes in the river basin to the studied evolution.

Palabras clave: SIG, fotografía aérea, cuenca del Tajo, clasificación jerárquica.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas fluviales han constituido a lo largo de los siglos, el eje y centro de las diversas poblaciones que han dominado la Tierra. Las grandes civilizaciones han nacido de los ríos que bañaban sus tierras y, en muchas ocasiones, sus economías se han basado en las posibilidades que les han ofrecido estos grandes ejes. En Europa, y más concretamente en la Península Ibérica, encontramos un claro ejemplo de cómo las grandes civilizaciones han instalado sus ciudades junto a los canales fluviales. El uso del agua ha evolucionado a la vez que unos pueblos han dado paso a otros, pero ha sido en el pasado siglo donde esta evolución ha resultado más rápida, acelerándose en las últimas décadas. Esta aceleración nos acerca a la sociedad actual, que crece envuelta en una paradoja mediática: concienciada de la necesidad de

protección y conservación de los espacios naturales a la par que sigue demandando el uso de estos mismos espacios, explotándolos sin control.

En este escenario, los Organismos Públicos encargados de velar por la conservación de los ríos y sus entornos, buscan nuevas fórmulas que ayuden a la preservación de estos lugares, unidas a un necesario estudio de los mismos. Esta necesidad de estudio y protección se plasmó en la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. El presente trabajo nace de esta necesidad imperativa de estudiar los ecosistemas fluviales como paso previo imprescindible antes de una realización una propuesta de restauración. Dicho estudio tratará de evaluar el uso y el daño, o la mejora, que se ha producido durante las últimas décadas.

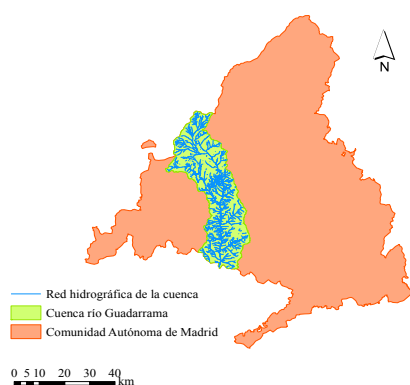


Figura 1.- Zona de estudio: cuenca del Guadarrama en la provincia de Madrid.

El trabajo que aquí se expone cubre la cuenca del río Guadarrama desde su nacimiento, y hasta su salida de la provincia de Madrid por el término municipal de Batres (Figura 1). El objetivo principal del presente trabajo consistió en determinar la evolución de la morfología del Guadarrama y de sus formaciones riparias como consecuencia de la regulación de su caudal natural. Dicha regulación es consecuencia de la gestión del agua para su uso como abastecimiento urbano y rural a través de presas, encauzamientos, trasvases e incluso depuradoras. Dicho objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos: (i) caracterización de la red fluvial de la cuenca según la metodología de clasificación jerárquica de García de Jalón *et al.* (2006) utilizando como factores: la región bioclimática, la geología de la cuenca, el tamaño de cuenca acumulado, el régimen de caudales y el tipo de valle; selección de tres tramos de estudio; y (ii) análisis multi-temporal detallado de los tramos seleccionados, utilizando fotografías aéreas y ortofotos de diferentes años así como trabajo de campo.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente estudio ha estado encaminada a la consecución de los objetivos específicos enunciados anteriormente. El presente apartado cubrirá por tanto los siguientes aspectos metodológicos: (i) caracterización jerárquica de la cuenca del Guadarrama y selección de los tramos de estudio y (ii) estudio multi-temporal detallado de la geomorfología y vegetación de ribera de los tramos seleccionados previamente.

Para clasificar la cuenca se ha escogido la metodología de caracterización jerárquica de los ríos

españoles desarrollada por González del Tánago y García de Jalón (2006). Se ha aplicado esta forma de clasificar por varios motivos, entre los que cabe destacar: (i) su consonancia con las directrices sobre clasificación indicadas en la DMA, (ii) su propia naturaleza jerárquica, que asume que cada factor va a influir en el siguiente, ofreciendo la posibilidad de trabajar con parámetros de clasificación que no varían en la cuenca a pesar de las posibles afecciones producidas en ellas o que se pueden recomponer a partir de datos y referencias anteriores; y (iii) su aplicabilidad a cualquier región y tamaño de cuenca, ya que permite ir dividiendo en más o menos tipologías según el tamaño de la superficie objeto de estudio.

En este trabajo, la clasificación jerárquica llevada a cabo llegará hasta el *nivel de segmento fluvial* para toda la cuenca de estudio; y hasta el *nivel de tramo* para las zonas que se seleccionen posteriormente. La selección de unos pocos tramos de estudio ha sido necesaria para reducir la superficie de análisis y poder plantear una investigación más detallada. En la selección de los tramos de estudio han pesado los siguientes criterios: (i) nivel de afección por presas o encauzamientos y tramos con afecciones acumuladas de presas, encauzamientos, depuradoras, motas y usos abusivos de la llanura de inundación, (ii) representatividad o singularidad de la tipología del tramo dentro de la cuenca, (iii) accesibilidad al tramo de estudio para abordar el trabajo de campo, (iv) necesidades de los gestores del Parque Regional, (v) observaciones en la evolución en las fotografías aéreas, (vi) posibilidad de continuar la investigación utilizando nuevos datos (LiDAR); y (vii) posibilidad de comparar resultados entre los tres tramos estudiados por la similitud en alguno de los factores de clasificación.

La clasificación jerárquica de la cuenca del Guadarrama se ha llevado a cabo utilizando herramientas SIG, tal y como exige la propia DMA (Directiva 2000/60/CE, 2000; González del Tánago y García de Jalón, 2006; ACA, 2006; Plan Director de Riberas de Andalucía, 2006). En particular, se han empleado tres herramientas distintas: ArcGis 9.2, ArcView 3.2 y SEXTANTE. Las capas de información y bases cartográficas utilizadas para dicha clasificación se exponen y describen brevemente a continuación: (i) mapas topográficos de la serie MTN25 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en formato digital, compuestos por un archivo de planimetría y otro de altimetría; (ii) cartografía temática vectorial digital de escala 1:50.000, conteniendo diversas capas de información, proporcionada por la Comunidad de

Madrid; y (iii) cartografía vectorial digital de Ecorregiones a escala 1:200.000 (Elena Roselló *et al.*, 1997), proporcionada para el conjunto del territorio.

Del conjunto de factores propuestos originalmente por González del Tánago y García de Jalón (2006) para llevar a cabo el estudio de las cuencas, se han empleado los que aparecen en la figura 2, correspondientes a la escala de trabajo elegida para la zona de estudio.

Ecorregión
Ecorregión climática
Cuenca vertiente
Tamaño
Muy pequeña (<10km ²)
Pequeña (10-100km ²)
Mediana (100-1000km ²)
Litología
Rocas graníticas
Rocas metamórficas
Sedimentos detríticos
Segmento fluvial
Régimen de caudales
Permanente
Pluvionival
Pluvial
Temporal

Figura 2.-Clasificación jerárquica del Guadarrama: factores de caracterización utilizados.

El estudio multi-temporal detallado de la geomorfología y vegetación de ribera de los tramos seleccionados previamente se realizó en tres partes. En primer lugar se trató de cuantificar, con la ayuda de fotografías aéreas de varios años (1959, 1972, 1991 y 2006) y herramientas SIG, los cambios producidos en la morfología del río: islas, barras, sinuosidad, anchura de ribera, anchura del cauce, afecciones directas, usos del suelo en las franjas pertenecientes al río, etc. según recomiendan varios autores (Vizcaino *et al.*, 2003; ACA, 2006; Plan Director de Riberas de Andalucía, 2006). En segundo lugar, y utilizando las mismas herramientas (fotografías aéreas y SIG), se trató de cuantificar los cambios sufridos por la vegetación riparia en lo que respecta a su estructura, densidad, conectividad longitudinal y transversal, especies, etc. (ACA, 2002). La tercera y última parte de dicho estudio estuvo basada en observaciones de campo de los

parámetros nombrados para morfología y vegetación de ribera (Munné *et al.*, 2002; González del Tánago *et al.*, 2006; ACA, 2002; Plan Director de Riberas de Andalucía, 2006) y otros tales como observación de especies, comparación con el trabajo de gabinete, estado de conservación de la vegetación (Munné *et al.*, 2002), etc.

RESULTADOS

Los resultados de la caracterización y clasificación de la cuenca del río Guadarrama, ofrecen una relación de 13 tipologías fluviales según los factores de ecorregión, geología, tamaño de cuenca acumulado, régimen de caudales y tipo de valle (Tabla 1).

Tabla 1.- Tipologías fluviales dentro de la cuenca del río Guadarrama.

Tipo	Denominación
1	Ríos de montaña, muy pequeños, sobre granito, pluvionivales.
2	Ríos de montaña, muy pequeños, sobre granito, de régimen pluvial.
3	Ríos montañosos de tamaño pequeño, sobre rocas silíceas, de régimen pluvial.
4	Ríos montañosos de tamaño muy pequeño, sobre rocas silíceas, temporales.
5	Ríos de la Rampa, de tamaño muy pequeño, sobre rocas silíceas, temporales.
6	Ríos de la Rampa, de tamaño pequeño, sobre granitos, de régimen pluvial.
7	Ríos de la Rampa, de tamaño pequeño, sobre granitos, de régimen temporal.
8	Ríos encajonados de tamaño mediano, sobre granito y régimen pluvial, valles muy cerrados.
9	Ríos de transición de tamaño mediano, sobre rocas silíceas y régimen pluvial, valles cerrados.
10	Ríos de la Rampa, de tamaño mediano, sobre granitos, pluviales y con valles abiertos.
11	Ríos mediterráneos de tamaño muy pequeño y pequeño, sobre sedimentos detríticos, temporales.
12	Ríos mediterráneos de pequeño tamaño, sobre sedimentos detríticos, pluviales.
13	Ríos mediterráneos de tamaño mediano.

Posteriormente a dicha clasificación se escogieron 3 tramos de estudio pertenecientes a los tipos fluviales 13 y 11. En cuanto al análisis de las variables geomorfológicas, se ha observado en todos ellos una clara disminución en la superficie del espacio fluvial, cauce, barras e islas, con un aumento de la sinuosidad, excepto en el último tramo, en el que la tiende a reducirse.

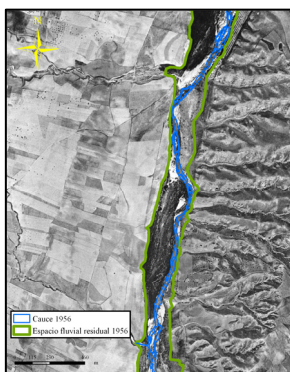


Figura 3.- Caracterización del cauce y del espacio fluvial del Guadarrama en una sección del Tramo III, sobre fotografía de 1956.

Al mismo tiempo, se ha comprobado un aumento de la densidad de la banda riparia inmediatamente contigua al cauce, reduciéndose la diversificación de ecosistemas, la movilidad del río y la expansión del bosque de ribera y de vega. En cuanto a las afecciones observadas en las fotos y validadas en campo, ha sido posible localizar embalses, numerosos azudes, antiguas graveras, una intensa urbanización de la cuenca, escolleras, muros, y repoblaciones fracasadas y realizadas con especies de jardinería.

CONCLUSIONES

La ayuda que proporciona la clasificación jerárquica de los cursos fluviales que se ha realizado, es de una enorme importancia para el estudio realizado posteriormente. Con la idea clara del tipo tramo fluvial estudiado en cada caso, se puede encontrar una respuesta a los cambios encontrados. A medida que se ha avanzado aguas abajo del río, en los diferentes tramos de estudio, se ha observado una tendencia más acusada hacia un tipo de río *braided*, con una movilidad mayor. Sin embargo, se ha comprobado la reducción de esa movilidad en la variación cualitativa y cuantitativa producida. Parece razonable relacionar la regulación del caudal que ha sufrido la cuenca del Guadarrama desde el año 1956 hasta nuestros días, con la reducción de anchura del cauce, superficie de espacio fluvial, barras e islas. De este modo, se ha producido una estabilidad que ha hecho posible un aumento en la densidad de la vegetación adosada al río, junto con una incisión mayor en el lecho y una urbanización más pegada al espacio ripario.

BIBLIOGRAFÍA

ACA (Agencia Catalana del Agua), 2006. *HIDRI. Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos*.

Elena Roselló, R., Castejón Ayuso, M., Sánchez Serrano, F., Tella Ferreiro, G., Sánchez Palomares, O., González Adrados, R. y Allué Andrade, J. 1997. *Clasificación biogeoclimática de España Peninsular y Balear. -atlas CLATERES*. INIA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

García de Jalón, D., González del Tánago, M., Marchamalo, M., Alonso, C., Baeza, D. y Vizcaíno, P. 2006. *Caracterización jerárquica y clasificación de los ríos de Navarra*. Universidad Politécnica de Madrid. Fundación Conde del Valle Salazar. Madrid

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. 2006. Caracterización jerárquica de los ríos españoles. Propuesta de tipología de tramos fluviales para su clasificación atendiendo a la directiva marco del agua. *Limnetica*, 25, (3-4): 81-98.

Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente).2006. *Plan Director Riberas Andalucía*.

Munné, A., Solá, C. y Prat, N. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología Agua*, 175:20-37.

Vizcaíno, P., Magdaleno, F., Seves, A., Merino, S., González del Tánago, M. 2003. Los cambios geomorfológicos del río Jarama como base para su restauración. *Limnetica*, 22 (3-4):1-8.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación 'Análisis de la estructura espacial de la vegetación de ribera mediante teledetección con vistas a la evaluación del potencial ecológico de los ríos regulados por embalses' financiado en convocatoria pública por la Comunidad de Madrid.