

LOS ARROYOS COSTEROS DEL SW DE ESPAÑA (MANTO EÓLICO LITORAL ONUBENSE) COMO INDICADORES DE CAMBIOS EN LAS TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN

Arturo SOUSA*, Julia MORALES*, Pablo GARCÍA-MURILLO* y Leoncio GARCÍA-BARRÓN**

¹ *Department of Plant Biology and Ecology, University of Seville, Seville, Spain*

² *Department of Applied Physics II, University of Seville, Seville, Spain*

asousa@us.es, jmorales@us.es, pgarcia@us.es, leoncio@us.es

RESUMEN

A diferencia de lo que ocurre con los cauces fluviales, los arroyos no han sido utilizados como proxy data ni como indicadores de cambios climáticos. Este estudio aborda esta posibilidad, mediante la reconstrucción de la evolución de los arroyos litorales del suroeste de España desde el S. XVII hasta finales del S. XX. Durante estos cuatro siglos, estos arroyos, han perdido un 84.7 % (54.3 km) de su longitud estimada en 1630 d.C. Aunque el retroceso, durante la segunda mitad del S. XX, está asociado a impactos antropogénicos, el incremento de los períodos secos (tras el final de la Pequeña Edad del Hielo en Andalucía) y el incremento de la disparidad en la precipitación (durante el último tercio del S. XX), han jugado también un papel de relevante en este proceso.

Palabras clave: Arroyos, Precipitación, Pequeña Edad del Hielo, Humedales, Doñana

ABSTRACT

Unlike rivers, creeks have not been used as proxy data or as indicators of climatic changes. This paper approaches this possibility by means of a reconstruction of the evolution of the littoral creeks in SW Spain between the XVIIth century and the late XXth century. During these four centuries, these creeks lost 84.7% (54.3 km) of their length estimated in 1630 AC. Although their regression during the second half of the XXth century has to do with anthropogenic impacts, both the increase of drought periods (after the end of the Little Ice Age in Andalusia) and the greater disparity in the rainfall (during the last third of the XXth century), have also played a relevant role in this process.

Key words: Creeks, Rainfall, Little Ice Age, Wetlands, Doñana

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en los caudales de los ríos, sobre todo a través de los ciclos históricos de inundación, han sido utilizados como indicadores de cambios en las tendencias climáticas. Diversos estudios han conseguido emplear con éxito esta fuente de información, como proxy data, en las reconstrucciones de climatología histórica, tanto en Europa (GLASER *et al.*, 2010) como en la Península Ibérica (BARRIENDOS y MARTÍN-VIDE, 1998; BARRIENDOS y RODRIGO, 2006).

Sin embargo los arroyos, y otros cauces más estacionales, muy raramente son mencionados como fuente de información climática. Esto se debe, entre otras razones, a las limitaciones metodológicas inherentes a las características hidrológicas de estos ecosistemas acuáticos. Tomando en consideración estas cuestiones, el objeto de este estudio es analizar las posibilidades y limitaciones metodológicas del estudio de la evolución secular de los arroyos, como indicador de cambios en las tendencias climáticas. Para ello se ha diseñado una metodología multidisciplinar *ad hoc* que permite reconstruir la evolución de los arroyos del SW de España (Manto Eólico Litoral onubense) en los últimos cuatro siglos (\cong 1630-2000 C). Los resultados de este estudio diacrónico se van a contrastar con datos relativos a los impactos antropogénicos y climáticos, para discutir sus posibilidades como indicador de cambios climáticos.

2. ÁREA DE ESTUDIO

En el suroeste de la Península Ibérica, concretamente en el litoral oriental onubense, históricamente han existido once pequeños arroyos litorales, que en la actualidad no llevan ningún caudal de agua, y cuyos cauces originales casi han desaparecido.

La mayor parte de sus cuencas de avenamiento se sitúan dentro de los límites del actual Parque Natural de Doñana (sector Abalarío). Más concretamente, casi toda la superficie de estas cuencas hidrográficas, se sitúan en el Alto Manto Eólico Seco (5.000-4.000 B.P.) de Doñana, ocupando una superficie total de 3.723,1 ha. Su localización, en el contexto de la Península Ibérica, se recoge en la Figura 1.

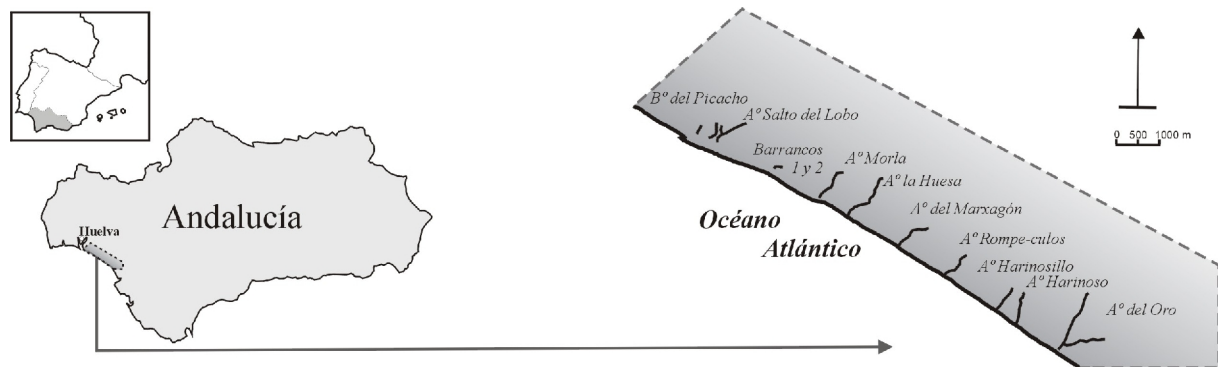


Fig. 1: Localización del área de estudio en el suroeste de la Península Ibérica.

A finales del S. XX en los restos mejor conservados y más profundos del talweg aparecían unas pozas muy superficiales. En estos enclaves -microclimáticamente más húmedos- se han refugiado taxones vegetales (como *Sphagnum inundatum*, *Osmunda regalis*, *Thelypteris palustris*, *Potamogeton polygonifolius* o *Frangula alnus* subsp. *baetica*), que son frecuentes en latitudes más septentrionales de la fachada atlántica ibérica y europea (GARCÍA MURILLO *et al.*, 1995). Por tanto son testigos de condiciones climáticas más benignas que las actuales (SOUSA, 2004).

3. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos de este estudio es necesario utilizar los datos procedentes de disciplinas diferentes, desde una óptica interdisciplinar. Las fuentes de datos disponibles

varían en cada de los 5 periodos de tiempo estudiados (2000, 1987, 1956, finales S. XIX y principios del S. XVII). La fiabilidad de los resultados obtenidos se puede contrastar empleando dos o más fuentes de información diferentes, para el mismo período, como se puede apreciar en la Tabla 1.

Fuentes de datos	2000	1987	1956	S. XIX (≅ 1869)	S. XVII (≅ 1630)
Trabajo de campo	X	-	-	-	-
Fotografía aérea	X	X	X	-	-
Imágenes de satélite	-	X	-	-	-
Documentos históricos	-	-	X	X	X
Cartografía histórica	-	-	-	X	-
Análisis del microrelieve	-	-	-	X	X

Tabla 1: CRONOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE DATOS UTILIZADAS

Para reconstruir cartográficamente la situación de los arroyos litorales se ha comenzado cartografiando su situación en el año 2000, y se ha ido retrocediendo paulatinamente en el tiempo, de acuerdo a las fuentes de datos disponibles en cada momento (ver Tabla 1). Por ello el estudio se inicia con el trabajo de campo, y posteriormente se va reconstruyendo con la ayuda de vuelos aéreos e imágenes de satélite en primer lugar, y posteriormente con datos de fuentes históricas y el análisis del microrelieve del entorno.

Más concretamente se han empleado los vuelos en B/N fechados en los años 2000 (E. 1:20.000), 1987 (E. 1:20.000) y 1956 (E. 1:33.000), junto con las imágenes de satélite LANSAT-TM (1986 y 1990) y SPOT (1989). Este trabajo de fotointerpretación se combina con trabajo de campo, así como con estudios florísticos de la vegetación higrofítica existente. Por otro lado se han revisado un total de 23 mapas históricos donde aparecen cartografiados estos arroyos (fechados desde el S. XVIII hasta la primera mitad del S. XX), junto con diversos documentos escritos fechados en los siglos XVI, XVIII, XIX y principios del XX (ver Tabla 2).

Período	Cartografía histórica	Fuentes documentales
≤ S. XVII	No aparecen delineados los arroyos	Legajo D-3 sobre la construcción de las Torres Vigías de la Costa de Castilla (1577)
S. XVIII	Fernández de Sandoval (1743), Llobet (1748), Quintana y Ceballos (1748-1752), Espelius (1765), López, (1767), Anónimo (1768), Gussefeld (1781)	Legajo D-27 sobre las Torres Vigías (1756); Legajo 837 del Archivo Municipal de Almonte (1740), <i>Relaciones</i> de Tomás López (Párroco D. Alonso Álvarez y Cardoso, 1785)
S. XIX	Saavedra (1810), Poirson (1812), Coello (1869), Montojo y Salcedo, (1875), Valverde (1880), Gonzalo y Tarín (1887), Carrasco Padilla (1892), Noriega & Cobo de Guzmán, (1897-1900), Anónimo (S. XIXa), Anónimo (S. XIXb)	Pascual Madoz (1848); Gonzalo y Tarín (1887)
S. XX	Ibáñez de Ibero (1902), San Miguel, (1913), Bonsor (1926), Gavala (1936), Mapa Topográfico Nacional (1949 y 1951), Mapa Topográfico Nacional (1972)	San Miguel (1913)

Tabla 2: PRINCIPALES FUENTES HISTÓRICAS QUE HACEN REFERENCIA A LOS ARROYOS ESTUDIADOS.

Estas fuentes históricas se pueden reconocer en el texto porque se citan en minúscula. Un listado completo y crítico de estas fuentes se puede consultar en SOUSA (2004) y SOUSA *et*

al. (2010). Finalmente el microrelieve se ha reconstruido mediante la interpolación manual de más de 400 cotas topográficas que aparecen en las correspondientes hojas del Mapa Topográfico de Andalucía a E. 1:10.000. Como resultado se han obtenido isolíneas topográficas cada 2 m, a partir de las cuales se ha delineado el avenamiento original tomando como referencia la situación en 1956 y la información histórica, de acuerdo a la metodología desarrollada por SOUSA *et al.* (2003 y 2010). Posteriormente se ha cuantificado su longitud y la superficie de sus cuencas hidrográficas (empleando un planímetro *Planix 5000*).

4. RESULTADOS

4.1. Situación de los arroyos costeros durante la segunda mitad del S. XX (1956-2000)

La interpretación de la fotos aéreas, y las imágenes de satélite, permite reconstruir con gran fidelidad la situación de estos arroyos. Los resultados se recogen en la Tabla 3:

Arroyo	Longitud año 2000 (km)	Longitud año 1987 (km)	Longitud año 1956 (km)
A° del Oro	2.7	2.7	6.5
A° Harinoso	0.8	0.8	3.1
A° Harinosillo	0.6	0.6	1.7
A° Rompe-culos	0.7	0.7	2.8
A° Marxagon	0.8	0.8	2.6
A° de la Huesa	1.3	1.7	2.0
A° Morla	0.8	0.9	1.3
Barranco 1	0.3	0.3	0.3
Barranco 2	0	0	0.1
A° Salto del Lobo	1.8	3.7	4.6
Barranco del Picacho	0	0.3	0.9
Total	9.8	12.5	25.9

Tabla 3: LONGITUD DEL TALWEG DE LOS 11 ARROYOS 1956-2000.

Como se puede ver en la Tabla 3, durante la segunda mitad del S. XX, los arroyos se han reducido substancialmente. Concretamente un 21.6 % (2.7 km) durante el período 1987-2000 y un 51.7 % (13.4 km) desde 1956 a 1987. Precisamente, durante este segundo período, se da una intensa reforestación en la zona de estudio con especies de crecimiento rápido, que se inicia después de la Guerra Civil española. Desde 1936 hasta 1972 prácticamente toda la superficie del Parque Natural de Doñana (sector Abalarío) fue reforestada. La zona más meridional del Parque Natural de Doñana -donde se sitúa la mayor parte de las cuencas hidrográficas de los arroyos estudiados- fue ocupada por *Pinus pinea*, y la más septentrional por *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. Este uso intensivo de los recursos naturales del territorio aparece sólo en el período posterior a 1936 (SOUSA *et al.*, 2010).

4.2. Situación de los arroyos costeros según las fuentes históricas (S. XVII-1956)

4.2. a. Cartografía histórica

La cartografía histórica del S. XVIII, y anterior, presenta poco detalle, y se circunscribe fundamentalmente a la fachada litoral. A finales del S. XIX la cartografía mejora su calidad técnica, y comienza a aparecer más información. Del conjunto de mapas históricos se desprenden algunos resultados generales:

- En el S. XVIII y principios del S. XIX sólo aparecen representados los arroyos de mayor longitud y superficie de su cuenca (y por tanto caudal), especialmente el conocido en esa fecha como “Río del Oro” (corresponde con el actual Arroyo del Oro o Arroyo del Loro).

- Durante los siglos XVIII y XIX la longitud y las ramificaciones de los arroyos era muy superior a la que reflejan los fotogramas correspondientes al vuelo fechado en 1956. A principios del S. XX se aprecia una disminución de la longitud y de sus ramificaciones, aunque sigue siendo muy superior a la situación de 1956.

- La cartografía de finales del S. XIX (Coello, 1869; Valverde. 1880; Carrasco y Padilla, 1892), muestra la interconexión parcial entre la cabecera de los arroyos de mayor entidad y las grandes lagunas temporales (como la gran *Laguna de Invierno*) que desaparecieron a finales del XIX (SOUSA y GARCÍA-MURILLO, 2003).

Un detalle de todo lo anterior se puede apreciar en la Figura 2, donde se recoge la situación a finales del S. XIX, de acuerdo a la cartografía más fiable hasta ese período (Coello, 1869).

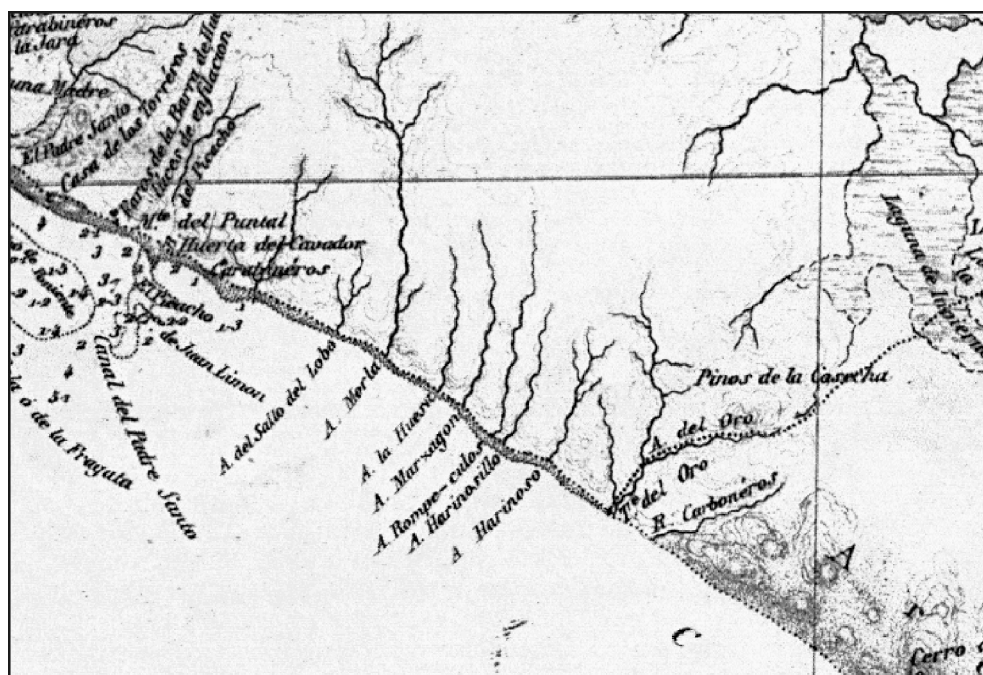


Fig. 2: Detalle del área de estudio en la cartografía de Coello (1869).

4.2. b. Fuentes históricas

Para no extender demasiado este apartado sintetizamos en la Tabla 4 los resultados más relevantes obtenidos de las fuentes documentales. Más detalle, en relación con la descripción de las fuentes históricas mencionadas, se puede consultar en la Tabla 2.

Fecha	Fuente	Descripción
1577	Legajo D-3	<i>“De la Higuera al Río del Oro ay tres leguas, ay aguada abundantísima [...] y acuden allí de ordinario los navios de enemigos por hazer agua por ser en abundancia y hazella presto tiene necesidad de torre muy buena [...]”</i> . <i>“Del rio del Oro a Julianejo ay dos leguas ay agua, es estancia de Pescadores y [...]”</i> (sic).
1740	Legajo 837	<i>“[...]y que la torre del Río de Loro que estaba mandaba hazer en la mitad del agua de dho rio entre la dha tierra de Almonte y de la Villa de Palos...”</i> (sic).

1756	Legajo D-27	<i>"[...]y las vertientes del arroyo que en las menguantes corre por su pie; lo cual ocasiona continuas ruinas, y la experiencia [...] haze creer [...] la destruirán irremediabilmente los temporales marítimos ..."</i> (sic)
1785	Alonso Álvarez y Cardoso	<i>"[...]por no haber río alguno en su término si no es algunas riberillas de poca corriente".</i>
1848	Madoz	<i>"Ningún r. corre por este terr.; pero lo bañan diferentes arroyos, que, aunque escasos de aguas, pues generalmente se secan en el verano, sirven durante la temporada de invierno para dar impulso á las ruedas de un molino harinero"</i> (sic).
1913	San Miguel	<i>"...no es cortada la playa ni siquiera por un estrecho caño; en tiempo no muy lejano debió estarlo por el Arroyo del Oro y Caño de la Higuera, que no alcanzarían importancia en el modelado de la costa porque debían tener poca profundidad y escaso caudal de agua; en épocas más antiguas veremos después que esta playa estaba surcada por varios ríos y caños, de los cuales no quedan ni vestigios, como no quiera verse un testigo de la existencia de algunos de ellos en el Arroyo del Oro, que alcanza un metro de anchura cuando más y apenas corre el agua por su lecho, todos los demás han sido borrados del relieve de la playa por una enorme cantidad de arena que rellenó su cauce".</i>

Tabla 4: PRINCIPALES REFERENCIAS HISTÓRICAS EN RELACIÓN A LOS ARROYOS ESTUDIADOS (S. XVI-XX).

Los datos sintetizados en la Tabla 4 son consistentes con los resultados del análisis de la cartografía histórica, y de ella se desprenden algunos hechos:

- Al menos el arroyo más largo de la zona de estudio (Arroyo del Oro), presentaba un caudal permanente y tan abundante, que era capaz de abastecer a la navegación de cabotaje a finales del S. XVI (Legajo D3, 1577).

- En el S. XVIII estos arroyos seguían teniendo un caudal relevante, y probablemente permanente (Legajo 837, 1740; Legajo D-27, 1756; Alonso Álvarez y Cardoso, 1785).

- A finales del S. XIX desaparece el hidrónimo "Río del Oro", siendo substituido por "Arroyo del Oro". Paralelamente, a mediados del S. XIX, el caudal de los arroyos baja durante el verano y se hace más estacional. Con el inicio del S. XX estas tendencias se mantienen, disminuyendo aún más su caudal. Asimismo se constata el efecto de la movilización de las arenas superficiales en el relleno y colmatación del cauce de los arroyos (San Miguel, 1913).

Por tanto las fuentes históricas recogen una paulatina regresión de los arroyos, y de su caudal, al menos desde principios del S. XVII. Si esta interpretación es correcta, y las fuentes analizadas son fiables, estos cambios tienen que aparecer necesariamente reflejados en un estudio detallado del relieve.

4.3. Situación de los arroyos costeros según el microrelieve (S. XVII y XIX)

El análisis del microrelieve muestra que la distribución de los arroyos, a finales del S. XIX, era mucho más extensa que en 1956. En efecto, si en 1956 la longitud total de los arroyos era de 25.9 km, la estimación a finales del S. XIX es de 37.1 km, lo que supone una reducción de 11.2 km. Es decir, durante el período 1869-1956, la longitud de los arroyos ha disminuido en un 30.2 %. Es oportuno señalar que, de acuerdo a los cambios de usos del suelo en la zona estudiados por SOUSA *et al.* (2010), entre 1577 y 1879 el área de estudio era un desierto demográfico. La escasa actividad antrópica se limitaba a usos marginales tradicionales (como rozas, pesca, carboneo, o más raramente caza). Durante el período 1879-1936 se iniciaron algunas pruebas con cultivos forestales experimentales, pero su impacto no es apreciable hasta que se inicia un vasto proceso de cultivo de especies forestales de crecimiento rápido, tras la Guerra Civil española.

Por tanto, hasta la segunda mitad del S. XX, no había actividades de carácter antrópico lo suficientemente intensas para generar procesos erosivos que pudieran acelerar la colmatación de los arroyos.

La Tabla 5 muestra de forma comparada la cuantificación de la longitud de los arroyos, y sus cuencas, de acuerdo al mapa de Coello (1869) y al microrelieve.

Arroyo	Superficie de la cuenca (ha)	Microrelieve S. XIX (km)	Coello (1869) (km)	Porcentaje de error estimado de la cartografía histórica respecto a microrelieve (%)
A° del Oro	829.7	9.9	12.6	+27.3
A° Harinoso	284.6	4.5	4.4	-2.2
A° Harinosillo	161.1	2.5	2.8	+12.0
A° Rompe-culos	277.1	3.2	4.4	+37.5
A° Marxagon	388.8	2.6	3.6	+38.5
A° de la Huesa	289.5	3.3	2.7	-18.2
A° Morla	280.7	1.7	11.2	+558.8
Barranco 1	177.3	0.3	-	-
Barranco 2	73.5	0.1	-	-
A° Salto del Lobo	722.8	8.1	2.6	-67.9
Barranco del Picacho	238.0	0.9	4.1	+335.5
TOTAL	3723.1	37.1	48.4	30.5

Tabla 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA LONGITUD DEL TALWEG DE LOS 11 ARROYOS DEL ÁREA DE ESTUDIO A FINALES DEL S. XIX.

Como se puede ver en la Tabla 5, aunque el error parcial medio de la estimación derivada de los mapas históricos es sólo del 30.5 %, presenta una gran variación. Hay arroyos que aparecen reflejados en la cartografía histórica de una manera muy ajustada a la realidad que marca el microrelieve (Harinoso, Harinosillo, Rompe-culos). Otros, en cambio, como el A° del Salto del Lobo o el Barranco del Picacho, presentan una pésima representación en la cartografía de Coello (1869). Este hecho evidencia las limitaciones del empleo, en exclusiva, de los datos históricos para reconstruir la situación pretérita de los arroyos estudiados.

El mismo esquema metodológico se ha repetido para reconstruir la situación a principios del S. XVII (\cong 1630 DC). Durante el período 1630-1869, la longitud total de los arroyos pasa de 64.1 km a 37.1 km, lo que supone una reducción del 42.1 %.

Para constatar la fiabilidad de la reconstrucción de la situación de los arroyos a principios del S. XVII se ha correlacionado la superficie de la cuenca hidrográfica, de cada arroyo, con su longitud estimada en 1630. El resultado es muy ajustado ($R-SQ = 0.8969$), aunque el tamaño de muestra (n) es insuficiente al ser sólo 11 el número de arroyos existentes.

4.4. La evolución de los arroyos costeros S. XVII-XX

Tomando, de forma conjunta, los resultados obtenidos en cada uno de los apartados anteriores, en la Figura 3 se reconstruye cartográficamente la evolución de estos 11 arroyos costeros durante los últimos 40 años.

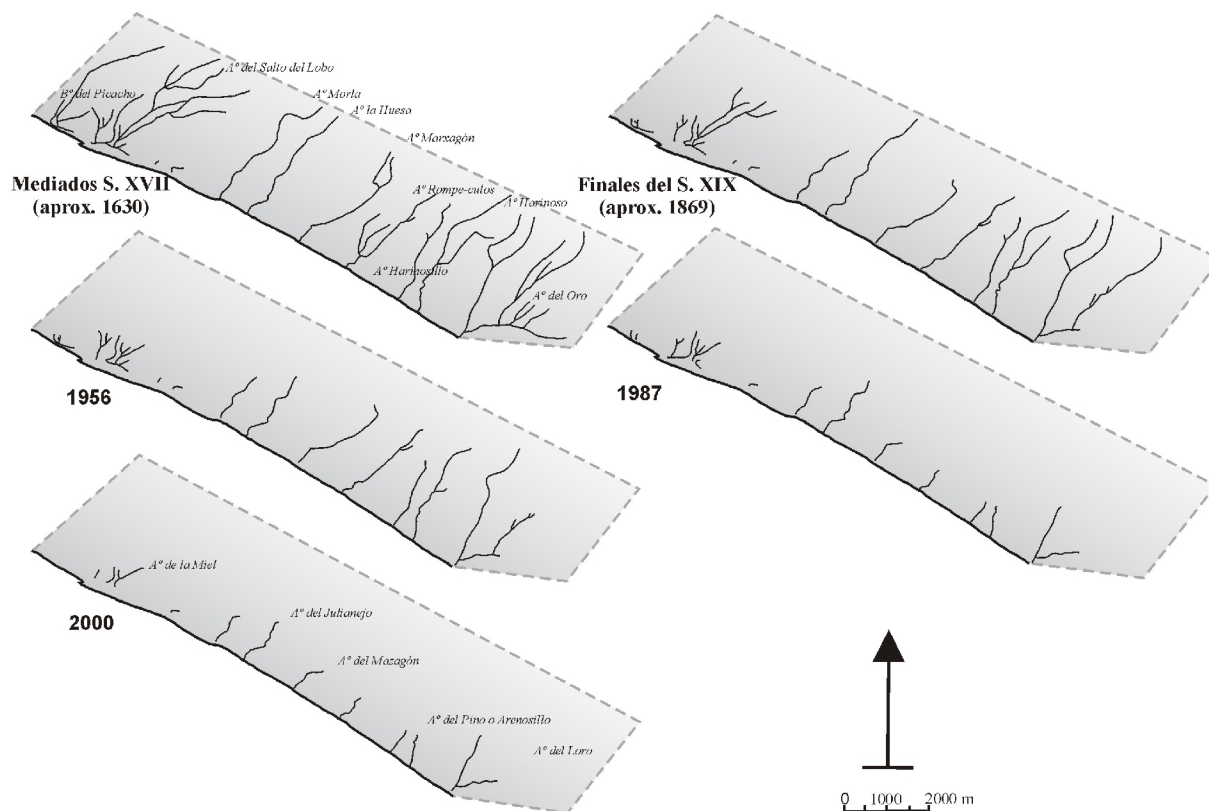


Fig.3: Evolución de los arroyos atlánticos de la zona de estudio desde \cong 1630 hasta 2000 d.C.

Puesto que esta cartografía corresponde a períodos de tiempo diferentes, en la Tabla 6 se analiza si la tendencia de retroceso ha sido uniforme a lo largo de todo el período.

Año	Longitud total (km)	Longitud desaparecida respecto a 1630 (km)	Porcentaje que resta en comparación con 1630 (%)	Porcentaje de retroceso en comparación con 1630 (%)	Tasa media anual de retroceso durante cada período (m/año)
\cong 1630	64.1	-	-	-	-
\cong 1869	37.1	27.0	57.9	42.1	113.0
1956	25.9	38.2	40.4	59.6	128.7
1987	12.5	51.6	19.5	80.5	432.2
2000	9.8	54.3	15.3	84.7	207.7

Tabla 6: DATOS CUANTITATIVOS RELATIVOS A LA EVOLUCIÓN DE LOS ARROYOS ATLÁNTICOS (S. XVII-XX).

La Tabla 6 muestra que en el año 2000 sólo queda un 15.3 % de la longitud total que ocupaban estos arroyos cuatro siglos antes. Se trata de una regresión paulatina y sostenida durante casi cuatrocientos años. Aunque los primeros datos son de principios del S. XVII, a finales del S. XIX el retroceso se acelera (pasando de 113.0 m/año a 128.7 m/año). La mayor desecación se da durante la segunda mitad del S. XX, llegando a los 432.2 m/año durante el período 1956-1987. A partir de esta fecha, cuando la actividades de reforestación y cambios

de uso del suelo en la zona disminuyen drásticamente, la tasa de regresión se desacelera (207.7 m/año).

5. DISCUSIÓN

Desde principios del S. XVII hasta finales del S. XX los arroyos costeros del litoral oriental onubense se han reducido un 84.7 % (54.3 km). El análisis de la actividad antrópica en la zona (SOUSA y GARCÍA-MURILLO, 2003; SOUSA *et al.*, 2010), revela que los cultivos forestales, a partir del segundo tercio del S. XX, han intensificado los procesos erosivos naturales. Ello ha conducido a la paulatina colmatación de los cauces y a su colonización por vegetación xerofítica, como consecuencia de la removilización de las arenas superficiales. A su vez, este depósito de sedimentos, favorecería la colonización del antiguo cauce por vegetación xerofítica, que actuaría como una trampa para los sedimentos, retroalimentando positivamente todo el proceso.

Sin embargo, el retroceso de estos arroyos, es un proceso que se inicia antes de los impactos antropogénicos. Desde principios del S. XVII hasta 1956 desaparece el 59.6 % de la longitud total de los talweg de estos arroyos (38.2 km). Como se puede ver en la Tabla 6 una buena parte de este retroceso (42.1 %) se da entre 1630-1869. Durante este período se dan dos de los tres pulsos húmedos de la Pequeña Edad del Hielo (inicios del S. XVII y finales del S. XIX), que alternan con períodos más secos, si seguimos la datación de RODRIGO *et al.* (1999) para Andalucía.

Durante la segunda mitad del S. XX, la desecación de estos arroyos se acelera hasta una tasa media de 432.2 m/año. Tras el cese de la actividad antrópica, esta tasa disminuye nuevamente (207.7 m/año), pero no vuelve a los niveles anteriores a los impactos antropogénicos. Esto podría estar relacionado con el incremento térmico del S. XX, y sobre todo con el incremento de la disparidad de la precipitación durante el último tercio del S. XX, detectado para el suroeste de la Península Ibérica por GARCÍA-BARRÓN *et al.* (2010). GROVE (2001) estudiando los efectos de la Pequeña Edad del Hielo en la Europa mediterránea afirma que, las mismas condiciones climáticas que indujeron el avance de glaciares durante la Pequeña Edad del Hielo, fueron también responsables de un incremento de la frecuencia de las inundaciones y en la sedimentación. Por tanto el caso de los pequeños arroyos estudiados podría encuadrarse en este marco general, aunque dada su menor escala, los procesos geomorfológicos son más marcados y con matices diferentes, y han conducido a la casi desaparición de estos humedales lineales.

La evolución de los arroyos litorales estudiados refleja cambios en los patrones de precipitación a escala secular, a los que hay que superponer los impactos antropogénicos. Este patrón podría ser más regional de lo que pudiera parecer inicialmente. En relación con el retroceso de los arroyos del Sur de Portugal, DEVEREUX (1982) señala que cambios en la distribución de precipitación (en los meses de enero a abril), más que en su cantidad global, han provocado la suavización de los barrancos del Algarve y su colonización por la vegetación. A su vez, estos cambios en los patrones de precipitación, también explicarían la presencia de algunos taxones vegetales, más propios de latitudes más septentrionales, refugiados en las áreas más profundas y umbrías del talweg mejor conservado (GARCÍA MURILLO *et al.*, 1995).

Por tanto, la metodología empleada permite reconstruir la evolución de los arroyos costeros, y cabe pensar que en áreas de características similares a la estudiadas, también sea aplicable. Aunque esta aproximación no permite emplear los resultados obtenidos como proxy data, si indica cambios en las tendencias de precipitación.

7. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el MEC a través del proyecto CGL2006-07194/BOS.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- BARRIENDOS, M. y MARTÍN-VIDE, J. (1998). "Secular climatic oscillations as indicated by catastrophic floods in the Spanish Mediterranean coastal area (14th–19th centuries)". *Climatic Change*, 38, pp. 473–491.
- BARRIENDOS, M. y RODRIGO, F.S. (2006). "Study of historical flood events on Spanish rivers using documentary data". *Hydrological Sciences Journal*, 51, pp. 765–783.
- DEVEREUX, C.M. (1982): "Climatic speeds erosion of the Algarve's Valleys". *Geographical Magazine*, 54, pp.10-17.
- GARCÍA MURILLO, P.; SOUSA, A. y FUERTES, E. (1995). "*Sphagnum inundatum* Russ., nuevo para Andalucía". *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 53, pp. 245.
- GARCÍA-BARRÓN, L.; AGUILAR, M. y SOUSA, A. (2010). "Evolution of annual rainfall irregularity in the southwest of the Iberian Peninsula". [*Theoretical and Applied Climatology*](#), DOI 10.1007/s00704-010-0280-0
- GLASER, R.; RIEMANN, D.; SCHÖNBEIN, J; BARRIENDOS, M.; BRÁZDIL, R; BERTOLIN, C.; CAMUFFO, D.; DEUTSCH, M; DOBROVOLNÝ, P.; VAN ENGELEN, A.; ENZI, S.; HALÍCKOVÁ, M; KOENIG, S.J.; KOTYZA, O.; LIMANÓWKA, D.; MACKOVÁ, J.; SGHEDONI, M.; MARTIN, B. y HIMMELSBACH, I. (2010). "The variability of European floods since AD 1500". *Climatic Change*, 101, pp. 235–256.
- GROVE, A.T. (2001). "The "Little Ice Age" and its geomorphological consequences in Mediterranean Europe". *Climatic Change*, 48, pp. 121-136.
- RODRIGO, F.S.; ESTEBAN-PARRA, M.J.; POZO-VÁZQUEZ, D. y CASTRO-DÍEZ, Y. (1999). "A 500 year precipitation record in Southern Spain". *International Journal of Climatology*, 19, pp. 1233-1253.
- SOUSA, A. (2004): *Evolución de la vegetación higrofitica y de los humedales continentales asociados en el litoral onubense oriental*. Universidad de Sevilla.
- SOUSA, A. y GARCÍA-MURILLO, P. (2003). "Changes in the Wetlands of Andalusia (Doñana Natural Park, SW Spain) at the end of the Little Ice Age". *Climatic Change*, 58, pp. 193-217.
- SOUSA, A.; GARCÍA-MURILLO, P.; SAHIN, S.; MORALES, J. y GARCÍA-BARRÓN, L. (2010). "Wetland place names as indicators of manifestations of recent climate change in SW Spain (Doñana Natural Park)". *Climatic Change* 100, pp. 525-557.