

EROSIÓN Y DEFICIT AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RÍO CAMPANILLAS.

E. V. MOYA AYAGO.
F. J. RODRÍGUEZ COMPÁS.
J. D. RUIZ SINOGA.

RESUMEN

La erosión de suelos es uno de los principales problemas desde el punto de vista medioambiental del sureste español, y concretamente en la cuenca Sur. Hasta el punto que se ha convertido en el primer causante del déficit ambiental, y principal dinamizador de los procesos de desertificación.

La cuenca del río Campanillas es un buen representante a estos niveles del conjunto de cuencas que vertebran el Sur de Andalucía. Fuertes pendientes, escasos suelos, intensas precipitaciones, y por tanto, pérdida de capacidad productiva de los suelos, y deforestación, constituyen un magnífico panorama de laboratorio de los procesos de desertificación.

ABSTRACT

Soil erosion by rainfall agresivity problems, is in enviromental sens, in the SE of Spain, a very importan question, and also in the South watershed. Is the firs one factor to generalise the desertification expand procesess in the most of the hight lands of the watershed of the mediterranean sea.

The Campanillas watershed is very representative in this way. Slope levels very hight, poor soils, a very important rainfall agresivity, and of course a reduced solils capability productive and deforestation, are the laboratory scheme of the desertification procesess.

La reciente época de sequía, seguida de grandes aguaceros, han constatado una vez más la fragilidad del ecosistema hidrológico en la cuenca sur.

Desertificación, déficit de la cubierta vegetal, suelos desnudos y escléticos, unido a fuertes pendientes y la proximidad de la red de drenaje respecto a la desembocadura de algunos ríos, arroyos y del mar, hacen que el sistema hidrológico se convierta en determinado momento en un sistema agresivo. El fuerte grado de erosividad del mismo que conduce a la formación de un estado erosivo de gran parte de la cuenca muy elevado.

A ello hay que añadir determinadas características climáticas zonales, en donde hacen que el agua se convierta en un bien escaso, y que la provisión hídrica adquiera un carácter muy relevante si se quiere.

Dentro de este panorama general, la cuenca del río Campanillas puede ser considerado como "tipo" no solo a la hora de abordar su comportamiento hidrológico, sino también, y dada

su proximidad al área metropolitana de Málaga, por que próximas actuaciones sobre ella de carácter hidráulico, la dotaran de capacidad para abastecer desde el punto de vista hídrico como a dicha área metropolitana.

Sin embargo, una actuación de carácter hidráulico genera un impacto sobre el ecosistema hidrológico en general en el que si no se tienen en cuenta determinadas cuestiones, el resultado puede ser generador de un fuerte ruptura del equilibrio.

En el presente trabajo, abordaremos estas cuestiones desde la perspectiva actual, así como los cambios de comportamiento tras diferentes actuaciones en la misma.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA CUENCA.

El río Campanillas tiene su origen en la cara sur de la sierra de las Cabras, en las proximidades de Villanueva de la Concepción, pedanía de Antequera, y desde sus inicios orienta su cauce en dirección sur hasta desembocar en el río Guadalhorce, en el término municipal de Málaga, a través de su vega.

En su recorrido recibe aguas de los términos municipales de Casabermeja y Almogía, además de los ya citados.

Por el este, esta cuenca limita con la del río Guadalmedina, por el norte con la divisoria de aguas de las sierras de las Cabras y Chimenea y por el oeste con las cuencas de los arroyos Espinazos y Yeserías también tributarios del río Guadalhorce.

En nuestra opinión esta es una de las cuencas que más contribuyen a la generación de avenidas e inundaciones en el tramo bajo del río Guadalhorce, ya que le aporta su caudal muy pocos kilómetros aguas arriba de los polígonos industriales situados en la vega de Málaga, produciendo grandes puntas en el hidrograma general de este río.

Una circunstancia que no puede olvidarse al programar las intervenciones correctoras a realizar en esta cuenca, así como al seleccionar las áreas en las que prioritariamente deberá actuarse, es el hecho de que en el tramo medio del curso se está construyendo la presa de Casasola.

FACTORES QUE INCIDEN EN EL PROCESO DE FORMACIÓN DE AVENIDAS EN LA ACTUALIDAD.

Como ya ha sido reseñado con anterioridad, son varios los factores que contribuyen en los procesos de formación de avenidas de carácter torrencial. Unos, están relacionados directamente con las condiciones ecogeográficas de la cuenca, su pendiente capaz de acortar o alargar los tiempos de concentración de las aguas, sus tipos de suelos y condiciones de permeabilidad de los mismos, lo que deriva en unos coeficientes de infiltración diferentes y consecuentemente marcan distintos grados de escorrentía, el grado de protección que practica la vegetación sobre los mismos, retrasando la puesta en movimiento del agua derivada de la precipitación y preservando al suelo de los procesos erosivos, Otros, se conectan con el régimen pluviométrico

del área, que determina las características de las precipitaciones producidas, su intensidad, duración, ..., en definitiva, lo que marcaría la agresividad de la lluvia.

De la conjunción de ambos grupos de factores dependerá el estado de degradación de la cuenca, su contribución o no a los procesos de formación de avenidas de carácter torrencial, y por tanto marcaran los tipos de actuaciones a realizar en la misma.

Análisis de los factores incidentes.

En relación con la pendiente la cuenca del Campanillas, es muy similar a las del Guadalmedina, apenas existen superficies con pendientes menores al 3%, entre esta y el 12%, se sitúa el 6,5% de la superficie, esto es, 1,842 has., siendo esta la zona más rica desde el punto de vista agrícola, en donde se expanden los cultivos de regadío. Frente a esto, el 48,3% de la superficie de la cuenca tiene pendientes por encima del 35%. Esto supone que la mitad de la superficie de la cuenca se situaría desde el punto de vista topográfico en lo que podemos denominar la pendiente de arrastre total, según definición de García Najera.

Entre ambos niveles: pendientes suaves de un lado, y abruptas de otro, hay un área de pendientes de tipo medio, comprendidas entre el 13% y el 35% de desnivel, y lo supone en torno al 42% de la superficie de la cuenca.

Podemos decir que sólo el 6,5% de la superficie posee capacidad de uso agrícola, aquella situada en pendientes por debajo del 12%, siendo moderadamente apta para cultivos en torno al 16.6% de la superficie, la que posee unos desniveles entre el 12% y el 18%, mientras que por último, el 16% de la superficie, con unos desniveles entre el 18% y el 24%, tendría un carácter de marginalidad agrícola. Sin embargo, todas estas áreas se utilizan para uso agrícola, fundamentalmente basado en cultivos leñosos. Por encima de estos valores, la vocación del territorio es básicamente forestal (Tabla 1).

Tabla nº 1.

Valor	%	PENDIENTES		
		% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
0%-12%	6.597542	6.597542	1,842.21	1,842.21
12%-18%	16.61159	23.20914	4,638.40	6,480.61
18%-24%	16.05581	39.26494	4,483.21	10,963.82
24%-35%	10.97119	50.23613	3,063.45	14,027.27
35%-60%	48.35583	98.59196	13,502.24	27,529.51
60%-100%	1.247266	99.83923	348.27	27,877.78
Urbano	0.160765	100	44.89	27,922.67

Podemos establecer 5 niveles de cohesión litológica que irían desde el "a" que incluiría a las rocas con una mayor coherencia, al "e" aquellas más fácilmente denudables, encontrándonos con que en la cuenca, el 17.2% de las mismas son del tipo "b", esto es, rocas con un nivel de cohesión alto, que de no ser, y esta es otra cuestión, por las características climáticas concre-

tas de la zona en donde se ha generado el típico modelado de disección, supondrían un handicap a la erosión acelerada importante.

El 44.1% de la cuenca posee materiales cuyo nivel de cohesión correspondería al tipo "c", es decir de grado medio, compuesto fundamentalmente por pizarras, esquistos,..., en los que ha generado un modelado de disección en el marco de unos procesos de erosión acelerada importantes, constituyéndose en el área de un mas marcado carácter degradacional de la cuenca.

El 26.7% de la cuenca se compone desde el punto de vista litológico por materiales cuyo grado de cohesión es bajo, pudiendo ser asignados al tipo "d", se trata de materiales del tipo flisch de la zona mas septentrional de la cuenca.

Por último, solo el 11.6% de la superficie total se compone de litofacies asignables al tipo "e", aquellas cuyo nivel de cohesión es muy bajo, siendo en la mayor parte de los casos zonas agradacionales (Tabla 2).

Tabla nº 2.

Valor	%	LITOFACIES		
		% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
b	17.26353	17.26353	4,820.44	4,820.44
c	44.19552	61.45906	12,340.57	17,161.01
d	26.73534	88.1944	7,465.22	24,626.23
e	11.64484	99.83923	3,251.55	27,877.78
Urbano	0.160765	100	44.89	27,922.67

Considerando ambos factores en su conjunto, es decir, tanto pendientes como litología, podríamos establecer los niveles de erodibilidad de la misma.

El resultado nos muestra la susceptibilidad natural de la cuenca a la erosión marcándonos unos niveles que nos la sitúan fuera de toda duda.

El 54,9% de la superficie posee unos niveles de erodibilidad máximos, el 16,9% de la misma de tipo muy alto, y el 21,3% de tipo alto, es decir, el 93,1% de la superficie de la cuenca del Campanillas, posee cuando menos unos niveles de erodibilidad de tipo alto, lo que supone unas condiciones naturales del medio físico muy favorables a la erosión hídrica. Esto simplemente explicaría la necesidad de que la cuenca este protegida a fin de corregir esa tendencia proclive a los procesos erosivos.

Solo el 6,5% de la misma tiene un nivel de erodibilidad de tipo moderado (Tabla 3).

Ha sido la presión ejercida por el hombre a lo largo de muchos siglos, lo que ha propiciado la generación de importantes procesos erosivos, cuya huella es hoy día evidente.

En la actualidad apenas persisten escasos restos del paisaje que en su día debió componer la vegetación natural de este área, propia de las condiciones mediterráneas de montaña. Así, el paisaje actual una vez más, está conformado básicamente por el cereal, la vid y el olivo

En esta cuenca encontramos grandes áreas de cultivos leñosos, fundamentalmente de olivar y almendro, que suponen más de 8,500 Has. en su conjunto, tratándose de cultivos

puestos en valor en condiciones agrológicas muy desfavorables, con pendientes con desniveles por encima del 50%, en la mayor parte de los casos, y suelos escléticos y muy poco profundos.

Tabla nº 3.

Valor	NIVELES DE ERODIBILIDAD			
	%	% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
Moderada	6.597542	6.597542	1,842.21	1,842.21
Alta	21.37256	27.9701	5,967.79	7,810.00
Muy Alta	16.90383	44.87393	4,720.00	12,530.00
Máxima	54.9653	99.83923	15,347.78	27,877.78
Urbano	0.160765	100	44.89	27,922.67

Cada vez más el gran dominio en esta área lo constituye un paisaje caracterizado por el erial, con antiguos vestigios de cultivos que no son sino el resultado de la intensa ocupación anterior. Este dominio cubre hoy el 33,1% de la superficie de la cuenca, y desde luego ocupa la zona de peores condiciones agrológicas.

Estos usos del territorio sólo interesan desde el punto de vista agrológico, en tanto y en cuanto, el tapiz vegetal proteja el suelo, y sea efectivo entre la posible lluvia agresiva y el sustrato edáfico.

Con este tipo de uso los niveles de protección del suelo, evidentemente serían distintos no solo en función del cultivo a que está destinado sino también del periodo activo de vegetación del mismo, en relación al ciclo hidrológico. Somos conscientes que determinados aprovechamientos pueden tener una fracción de cabida cubierta muy alta, y un buen ejemplo de ello lo constituyen los cereales, sin embargo, en el momento del máximo riesgo de precipitación, cuando esta es más agresiva, principios de otoño y de primavera, estos están desprotegiendo al suelo, con lo que así es necesario considerarlos (Tabla 4).

Tabla nº 4.

Valor	APROVECHAMIENTO			
	%	% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
Cultivo Herbáceo	22.95626	22.95626	6,410.00	6,410.00
Cultivo Leñoso	30.44823	53.40449	8,501.96	14,911.96
Regadío	3.19425	56.59874	891.92	15,803.88
Forestal Arbolado	2.559426	59.15817	714.66	16,518.54
Forestal Matorral	6.345382	65.50355	1,771.80	18,290.34
Arbolado Disperso y Eriales	33.13551	98.63906	9,252.32	27,542.66
Urbano	0.160765	98.79983	44.89	27,587.55
Áreas Rocosas	1.200172	100	335.12	27,922.67

En función de lo expuesto, en la cuenca solo el 3.1% de la misma posee un nivel de protección muy alto, aproximadamente unas 891 Has., que se corresponderían en su mayor parte con la zona de repoblación de pinos. Frente a estos, el 92,5% de la cuenca posee un nivel de protección muy bajo englobando fundamentalmente tanto a áreas de cereales ubicadas en el flisch, como a eriales de la margen izquierda del río y cultivos leñosos, básicamente, olivos y almendros.

Los niveles de protección de tipo medio-bajo apenas si suponen unas 800 Has, que significan el 2.8% de la superficie de la cuenca.

Estamos pues ante una cuenca cuyo nivel de protección es muy bajo, ya que bien encontramos cultivos que en los momentos de una mayor agresividad pluviográfica están desprotegiendo el suelo, como es el caso de los cereales, bien cultivos que debido a su fracción de cabida cubierta y al sistema de plantación al que están sometidos apenas si ejercen protección alguna sobre el suelo, o bien áreas de cultivos residuales fruto de una intensa ocupación anterior y posterior abandono (Tablas 5a y 5b).

Por consiguiente, si nos encontramos ante unos niveles de erodibilidad altos de una parte, y a unos índices de protección del suelo escasos, el resultado es la existencia de un estado erosivo cuando menos preocupante en toda la cuenca.

Tabla nº 5a.

Valor	NIVELES DE CUBIERTAVEGETAL			
	%	% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
<25%	93.45474	93.45474	26,095.06	26,095.06
25%-50%	3.1839	96.63865	889.03	26,984.09
50%-75%	0.006339	96.64498	1.77	26,985.86
>75%	3.19425	99.83923	891.92	27,877.78
Urbano	0.160765	100	44.89	27,922.67

Tabla nº 5b.

Valor	NIVELES DE PROTECCIÓN			
	%	% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
Muy Alto	3.19425	3.19425	891.92	891.92
Alto	0.006339	3.200589	1.77	893.69
Medio	2.119282	5.319871	591.76	1,485.45
Bajo	0.720561	6.040432	201.20	1,686.65
Muy Bajo	92.59863	98.63906	25,856.01	27,542.66
Urbano	0.160765	98.79983	44.89	27,587.55
Áreas Rocosas	1.200172	100	335.12	27,922.67

Sólo el 3.1% de la superficie de la cuenca, que coincide con una pequeña zona repoblada posee un estado erosivo muy bajo. Frente a este, el 68,8% esta catalogado como área de estado erosivo muy grave.

El 26.5% de la cuenca posee un estado erosivo grave, lo que unido al nivel anterior supondría que el 95.3% de la misma, tienen un estado erosivo cuando menos grave (Tabla 6).

La erosión es por consiguiente uno de los problemas desde el punto de vista medioambiental mas graves que posee la cuenca, con todos sus efectos añadidos; pérdidas de suelo, desertificación,..., sin olvidar que la ausencia de cubierta vegetal, acelera el ciclo del agua en superficie, y por tanto acrecienta los umbrales de avenida en el área, tanto mas peligrosos cuanto la conexión entre este y el Guadalhorce se produce muy cerca de la desembocadura de este último.

Tabla nº 6.

Valor	%	ESTADOS EROSIVOS		
		% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
Muy Grave	68.81075	68.81075	19,213.80	19,213.80
Grave	26.53317	95.34393	7,408.77	26,622.57
Medio	0.100886	95.44481	28.17	26,650.74
Bajo	0.01873	95.46354	5.23	26,655.97
Muy Bajo	3.17552	98.63906	886.69	27,542.66
Urbano	0.160765	98.79983	44.89	27,587.55
Áreas Rocosas	1.200172	100	335.12	27,922.67

Tipos de tormentas características del áreas.

La otra componente de nuestro estudio es el acercamiento a las características pluviométricas del área. Podíamos haber partido ya de determinados supuestos de caudales, con independencia del carácter del aguacero y obviar en consecuencia esta circunstancia, pero esto no parecía aconsejable dada la torrencialidad de las mismas.

Este enfoque, también valido, no resulto aconsejable habida cuenta del propio carácter que le queríamos dar al estudio, con el fin de que pudiese utilizarse no solo desde el punto de vista técnico, sino incluso por los propios servicios de protección civil, para evacuar zonas,..., si resultase el caso.

Para ello era necesario partir metodológicamente, del factor desencadenante, es decir, del aguacero, en este caso, del aguacero de proyecto.

El objetivo es por tanto determinar cual es el caudal que genera, en los puntos de control establecidos, tal precipitación y en cuanto tiempo. Solo así se le podía ofrecer a determinados servicios de prevención –ante situaciones críticas–, un instrumento de gran eficacia.

Dicho de otra forma, en un momento determinado sabiendo que en un punto de la cuenca se está produciendo una precipitación de tal o cual cantidad por metro cuadrado, es

posible predecir cual será la onda de avenida que genere aguas abajo, las zonas que pueden verse afectadas, y en cuanto tiempo.

En definitiva, el análisis de lo que denominamos aguaceros de proyecto era de todo punto fundamental.

Para determinar su magnitud, no bastaban solo datos pluviométricos, a través de los que no es posible establecer intensidades de precipitación, sino que era necesario recurrir a información de carácter pluviográfico, básicamente obtenida de los bancos de datos de comisarías de aguas.

Las bandas pluviográficas permiten establecer la evolución de los distintos aguaceros, y ha sido necesario por tanto su consulta.

Para la cuenca objeto de aplicación del presente método, las estaciones más cercanas eran la de Olías, la de Málaga Capital, y la de Cortijo Robledo.

Los datos mas antiguos se remontan a 1955. Lo que no es una serie excesivamente amplia, pero dado el objeto de nuestro estudio es mas que suficiente.

Por otra parte, una cuestión que había que considerar era el reparto del aguacero en toda la cuenca. Esto no suele tener excesiva incidencia en pequeñas cuencas, pero conforme esta se amplía en superficie es un factor muy de consideración.

La exposición y la amplitud del vaso de la misma son dos factores de indudable trascendencia a la hora del análisis hidrológico. El hecho de que en un lugar de la cuenca se estén produciendo un aguacero de 43 l/m², no presupone que este se pueda extrapolar a toda la cuenca, y por supuesto, conforme la cuenca sea mayor, mucho mas complicada es su generalización.

Lo habitual es que una precipitación tenga diferente intensidad y magnitud en distintas estaciones, aunque estén muy próximas.

En nuestro caso, dada una cuenca cuya magnitud asciende globalmente a unas 27,922 Has., hemos considerado aconsejable utilizar el método de poligonación de Thiessen con objeto de repartir para todas las subcuencas los datos pluviográficos que poseíamos para cada una de las tres estaciones meteorológicas.

El criterio seguido era considerar, desde el principio de cada una de las series, a todo aquel aguacero cuya intensidad fuese superior a 10 Lts/_hora, 20 Lts/hora, a 30 Lts/2horas,...

Con este criterio de partida, hemos considerado para cada aguacero su distinta incidencia en las restantes estaciones, y llevado a cabo la generalización a través del Método de Thiessen.

Hemos encontrado todo tipo de casuística. Desde aguaceros que solo tienen incidencia en una sola estación, hasta lo que podemos denominar auténticas trombas de agua generalizadas para las tres estaciones.

Pero otro factor que incide manifiestamente en el aguacero, sobretodo en áreas de montaña es la exposición. Por tanto, para determinar el régimen pluviográfico de la cuenca ha sido necesario recurrir al método de las isoyetas, partiendo de unidades morfológicas.

Este acercamiento a lo que podemos denominar el fenómeno torrencial, nos ha permitido definir mediante un análisis estadístico frecuencial, tres tipos de aguaceros, en el entendido de que solo esto es aplicable a nuestra área de estudio, dado que es difícil encontrar en las

series precipitaciones cuya duración sean igual al tiempo de concentración total de la cuenca que es de 4 horas y 30 minutos.

*/Aquel cuya intensidad oscila entre 25 y 35 lts/m²/hora, al que hemos denominado “aguacero típico”, puesto que prácticamente todas las estaciones tienen algún registro anual de ese orden.

**/El que posee una intensidad que ronda los 50 lts/m²/hora, al que hemos denominado “aguacero ocasional”, y que como posteriormente analizaremos, ya es capaz de generar importantes ondas de avenida, sobre todo dependiendo de las condiciones de saturación de los suelos de la cuenca.

***/El que posee una intensidad en torno a 70 lts/m², en un tiempo que oscila entre 60 y 80 minutos, al que hemos denominado “aguacero excepcional” o “aguacero de proyecto”, esto último porque es el que puede servir de referencia a la hora de elaboración de un proyecto de ordenación agrohidrológica, y poder simular en base a él sus efectos.

Análisis Hidrológico.

Una vez conocidas las características ecogeográficas de la cuenca y determinados los tipos de aguaceros a considerar, el siguiente paso ha consistido en la elaboración de los regímenes hidrológicos que generaban conjuntamente ambos factores, es decir en elaborar los hidrogramas unitarios representativos.

Ha sido necesario elaborar la matriz hidrológica de la cuenca. En ella, incluimos datos relativos a la identificación de cada una de las subcuencas tributarias, tramos de conducción, o puntos de salida, que posteriormente se convertirían en estaciones de control de la onda de avenida.

Definidos estos, eran planimetrados con el fin de poseer información de cada una de las cuencas tributarias.

Otro componente, consistía en determinar el Tiempo de Concentración así como el tiempo de desfase, de cada una de las cuencas tributarias.

Del mismo modo, se establecían los coeficientes “K” de Muskingum, para estimar el tiempo de propagación de ondas de avenida en cauces, y el “X” de Muskingum que determina las características hidrológicas del cauce. Todo ello, para cada uno de los tramos y conducciones consideradas.

Una vez que poseíamos esta información, era necesario recurrir a la base de datos ecogeográficos de la cuenca, ya analizada anteriormente.

Definidas las subcuencas tributarias, los tramos de conducción y los puntos de salida, mediante la utilización de un S.I.G., extraíamos los datos necesarios para elaborar el número de curva del S.C.S. y los umbrales de escorrentía correspondiente para cada uno de los aguaceros ya mencionados.

Tanto uno como otro dato era obtenido para dos de los tres tipos de aguaceros definidos, así como, en función de los tipos de humedad del suelo. Obteníamos así 6 tipos de registros diferentes.

Con esta información, elaborábamos el hidrograma, en función de la casuística ya reseñada, y siguiendo el método descrito, en los puntos de control más próximos a la desembocadura.

La matriz hidrológica ha contado con esta información:

- Columna (1): C_x = Cuenca x
 T_x = Tramo x
- Columna (2): Superficie de la subcuenca en Has
- Columna (3): Tiempo de concentración en horas
- Columna (4): Tiempo de desfase en horas
- Columna (5): Umbral de escorrentía actual (II)
- Columna (6): Número de Curva medio actual (II)
- Columna (7): Umbral de escorrentía potencial (cuenca restaurada) (II)
- Columna (8): Número de Curva potencial (cuenca restaurada) (II)
- Columna (9): Coeficiente K de Muskingum en horas
- Columna (10): Coeficiente X de Muskingum en horas

Dado que en la cuenca existen 227 subcuencas y 110 tramos no hemos considerado oportuno su inclusión en el presente texto.

Como principal circunstancia hay que reseñar que el hidrograma resultante para cada punto de control determinado está directamente relacionado con el tipo de aguacero considerado y sobre todo con las condiciones de humedad en la que se encuentren los suelos de la cuenca correspondiente. Esto último, es tan sumamente importante que puede significar que teniendo el aguacero una menor magnitud, se genere un caudal superior. Y esta circunstancia ha sido comprobada en la totalidad de los arroyos considerados.

Un aguacero de 50 lts si se produce en condiciones hidrológicas del suelo normales, es capaz de generar un caudal superior que otro de 70 lts., en condiciones de sequedad.

A continuación y en la Tabla 7 que incluimos, presentamos la evolución de la onda de avenida, marcando sus caudales, en los puntos de control definidos para esta cuenca, dependiendo de las 3 condiciones de humedad de los suelos, así como del tipo de aguacero considerado.

Como circunstancias a destacar, son dignas de mención las diferencias en cuanto a caudales que se producen, no ya dependiendo de diferentes precipitaciones, lo cual es lógico, sino sobretodo la influencia que ejerce la condición hidrológica del suelo. Para el aguacero de los 50 litros, se pueden presentar unos caudales que oscilan, en el último punto de control considerado, entre 28.96 m³/seg., si el suelo está completamente seco; 104.68 m³/seg., si este posee unas condiciones de humedad normales, y 230.47 m³/seg. si este está saturado. Para el aguacero de los 70 litros, los caudales punta en el último punto de control oscilan entre los 76.08 m³/seg., si el suelo está seco; 193.11 m³/seg., si está en condiciones normales de humedad, y 348.79 m³/seg. si está saturado.

Pero en el Río Campanillas el último punto de control no coincide con el de mayor caudal punta, debido principalmente a su estructura morfológica que le dota de una gran capacidad de laminación en el curso bajo.

Tabla nº 7.

SALIDAS	CAUDALES ACTUALES (m ³ /seg)					
	I/50	II/50	III/50	I/70	II/70	III/70
S5	2.15	21.15	64.79	9.22	46.89	105.00
S7	3.36	34.08	106.75	16.77	75.76	173.79
S13	3.55	39.00	108.25	18.95	83.60	175.03
S24	1.28	35.21	113.92	12.70	81.80	191.36
S34	4.85	42.68	106.60	24.38	87.01	167.87
S35	5.41	42.89	115.77	23.98	89.24	184.34
S37	8.26	24.49	40.67	19.93	42.31	59.47
S43	17.09	49.24	87.16	40.19	85.87	130.85
S50	28.63	81.56	147.36	67.60	141.04	213.55
S67	17.09	53.86	116.02	40.28	98.10	173.47
S82	14.28	53.32	119.04	38.09	98.26	179.55
S91	12.03	28.58	45.83	25.91	47.90	67.23
S96	19.15	61.56	121.92	47.68	109.91	182.66
S105	24.07	80.96	168.44	60.94	146.15	252.16
S108	31.39	112.12	244.68	82.01	205.97	369.28
S112	28.96	104.68	230.47	76.08	193.11	348.79

Los hidrogramas presentados solo se corresponden con los tres últimos puntos de control establecidos para cada arroyo, y para cada condición hidrológica, puesto que es a partir de ahí donde se pueden encontrar las zonas conflictivas desde el punto de vista hidrológico.

En ellos se puede observar la evolución del caudal en cada punto de control, y en consecuencia, establecer los tiempos de control de la onda de avenida.

Dado que resultaría sumamente tedioso comentar todos los hidrogramas presentados, comentaremos simplemente aquellos que poseen una mayor significación a nuestro juicio.

Para el aguacero de proyecto y en las condiciones más desfavorables desde el punto de vista hidrológico, –suelo saturado o con excesivo grado de humedad–, la evolución de la onda de avenida en los tramos finales, es como sigue:

Analizados los diferentes caudales punta en los 112 puntos de control seleccionados, han sido escogidas como más representativas 16 secciones. Estas se distribuyen a todo lo largo del cauce principal del río Campanillas, y a través de las mismas es posible determinar la evolución de la onda de avenida.

En el primer punto de control, el situado más alejado de la desembocadura, se genera un caudal máximo de 105 m³/seg., en un tiempo de 65 minutos, para a partir de ahí ir laminando y reduciendo la onda de avenida hasta las 6 horas, momento en el que habría cesado el caudal superficial.

Aguas abajo, en el segundo punto de control, el caudal pico es de 173.79 m³/seg., en 70 minutos, empezando a laminar y reducirse el mismo a partir de ahí. A las 3 horas y 25 minutos sería de 29 m³/seg., y a las 4 horas y 20 minutos de 8 m³/seg.

El tercer control, tiene por máximo pico de avenida un caudal de 175.03 m³/seg., generado en 1 hora y 20 minutos. En el proceso de laminación, los 20 m³/seg. se alcanzarían en 6 horas y 10 minutos, y los 10 m³/seg., en 6 horas y 45 minutos.

En el cuarto punto de control el caudal punta es de 191 m³/seg., en un tiempo de 55 minutos. A partir de ahí, dicho caudal desciende a 101 m³/seg. en 3 horas, para a las 8 horas 50 minutos llegar al caudal de 1 m³/seg.

En el punto de control mas inmediato aguas abajo se genera un caudal punta de 167 m³/seg. en 1 hora. A partir de ahí dicho caudal desciende llegando a 0 m³/seg. las 6 horas y 30 minutos.

En el siguiente punto de control, se alcanza un caudal punta de 184.34 m³/seg. en 1 hora y 20 minutos, resultado de la precipitación y duración de la misma, laminando hasta llegar a ser de 25 m³/seg. en 3 horas y 50 minutos, e incrementarse a 62 m³/seg. a las 7 horas y 55 minutos, manteniendo ese nivel hasta las 9 horas, y a partir de ahí reducirse a 40 m³/seg. a las 13 horas 35 minutos, y a 20 m³/seg. a las 18 horas 35 minutos.

En el punto de control correspondiente a la salida 37 de la cuenca se alcanza un caudal punta de 59.47 m³/seg. en 3 horas y 10 minutos, para descender a 43 m³/seg. a las 6 horas 20 minutos, alcanzando el segundo umbral de 55 m³/seg. a las 11 horas del inicio de la precipitación, manteniéndolo hasta las 13 horas 25 minutos y decrecer después progresivamente.

En el punto de control siguiente se alcanza un caudal punta de 130.85 m³/seg. en 1 hora y 10 minutos, descendiendo hasta 89 m³/seg. a las 2 horas 45 minutos, estableciéndose el segundo umbral de 130 m³/seg. a las 8 horas 30 minutos para a partir de ahí decrecer hasta 26 m³/seg. a las 24 horas 55 minutos.

El punto de control inmediato a este posee un caudal máximo de 213.55 m³/seg. a 1 hora y 10 minutos de iniciarse la precipitación, nos encontramos con un segundo umbral de 113 m³/seg. a las 13 horas y 55 minutos prolongándose este caudal hasta las 14 horas y 50 minutos para a partir de este momento descender de forma que alcanzará los 60 m³/seg. a las 24 horas y 55 minutos.

El siguiente control alcanza los 173.47 m³/seg. a las 2 horas y 20 minutos, a partir de este umbral se produce una laminación por la que se llega a 44 m³/seg. a las 6 horas, desde este momento el caudal aumentará progresivamente hasta alcanzar un segundo umbral de 111 m³/seg. a las 16 horas y 5 minutos, se mantiene así hasta las 17 horas y 45 minutos para ir descendiendo de tal forma que a las 24 y 55 minutos el caudal en este punto es de 75 m³/seg..

En la salida 82 el primer caudal punta es de 179.55 m³/seg. a las 3 horas y 55 minutos, encontrándonos a las 18 horas 30 minutos con un segundo caudal punta de 110 m³/seg., caudal que persistirá hasta las 20 horas y 25 minutos. Todavía a las 24 horas 55 minutos de iniciarse la precipitación encontramos que este punto mantiene un caudal de 90 m³/seg. Este "cierra" y controla la gran mayoría de la superficie de la cuenca, de ahí la persistencia de su caudal.

En el siguiente punto de control se alcanza un caudal de 67.23 m³/seg. a las 2 horas y 25 minutos llegando a caudal 0 a las 9 horas y 5 minutos.

La salida 96 alcanza su máximo umbral de esorrentía a 1 hora y 10 minutos de iniciarse la precipitación con un total de 182.66 m³/seg. para quedar en caudal 0 a las 10 horas y 5 minutos.

El caudal punta del siguiente punto de control es considerablemente mayor ya que a 1 hora y 40 minutos alcanza los 252.16 m³/seg. que irán laminando hasta que a las 11 horas y 5 minutos el caudal es 0.

El penúltimo punto de control nos presenta un panorama mucho más complejo. A las 3 horas y 5 minutos ya ha alcanzado un caudal de 369.28 m³/seg., se produce una laminación que nos lleva a encontrarnos a las 9 horas y 40 minutos con 56 m³/seg., a partir de aquí un nuevo aumento de caudal producirá a las 18 horas 45 minutos 110 m³/seg., manteniéndose así hasta las 20 horas y 40 minutos.

El último punto de control presenta un caudal punta de 348.79 m³/seg. a las 4 horas y 5 minutos descendiendo hasta 57 m³/seg. a las 10 horas y 50 minutos para a partir de este momento experimentar un nuevo aumento hasta alcanzar 110 m³/seg. a las 19 horas y 55 minutos, se mantendrá este mismo caudal hasta las 21 horas y 30 minutos, para contar a las 24 horas 55 minutos con 97 m³/seg. Si tenemos en cuenta que este punto de control se encuentra próximo a la desembocadura del Río Guadalhorce podemos hacernos una clara idea de lo que supone para Málaga las aportaciones de caudal del Río Campanillas en dicho punto.

Por este motivo se esta llevando a cabo una alteración hidráulica en el tramo medio de la cuenca, que supondrá un control hidrológico de la misma muy importante tanto para la prevención de avenidas como para la previsión hídrica. Nos referimos a la presa de Casasola.

LA PRESA DE CASASOLA Y SUS IMPACTOS.

La construcción de esta presa generara una serie de impactos.

Estos se pueden producir en el régimen climático, en el medio hídrico, en el medio terrestre, en el medio biológico, en el medio humano y en el paisaje.

En cuanto al Régimen Climático, este se puede ver afectado a nivel atmosférico, creándose un microclima específico. Se incrementa la niebla, la humedad y puede disminuirse la temperatura de las zonas próximas a la presa en algunos grados. Por lo tanto se llegara a crear un microclima con una disminución de las máximas, un aumento de las mínimas, un aumento de las heladas, un aumento de la radiación y una disminución de la evaporación.

En el Medio Hídrico los impactos que la construcción de la Presa puede producir se encuentran en el régimen natural de las aguas y en la calidad de la misma. Se ve afectado porque elimina las crecidas anuales del río y porque se modifica el curso del agua en toda la longitud del cauce.

Por otro lado, el Medio Terrestre se ve impactado desde el punto de vista geológico, geomorfológico, geotécnico y edafológico.

A nivel geológico, se produce un incremento de las zonas inundadas y por consiguiente un lavado del terreno, que afecta a sus componentes.

Estos impactos afectaran geomorfológicamente, modificando el perfil del río y sus condiciones de erosión y sedimentación, Aumentaran las subpresiones al aumentar el nivel de las aguas y provocara inestabilidad en las laderas aunque preveemos que sean mínimas. Además las laderas se verán erosionadas, produciéndose la sedimentación en el vaso de la presa y aguas abajo se originaran procesos de regresión del sistema de deposición por falta de aportes.

En cuanto a la geotecnia, se producirá inestabilidad por el exceso de carga producido por el almacenaje del agua.

Edafológicamente se perderá suelo, precisamente el suelo más productivo, el de mejor capacidad agrológica, que es el que se encuentra cerca del cauce y que quedara inundado.

El Medio Biológico vivirá procesos distintos en cuanto a la flora como a la fauna. Empezando por la fauna consideran que llegará ha enriquecerse, pues se crearía una zona ideal para nidificación de aves, así como especies de peces que podrían introducirse en la presa para su reproducción.

Por contra la flora, se perderá por completo en la zona inundable o se vera totalmente modificada al perderse los mejores suelos. Procesos posteriores harán que en las nuevas orillas se originen nuevos sistemas bióticos siempre que se apoye con un buen plan de reforestación con vegetación autóctona que cree y fije suelo.

En el Medio Humano en general se tendrá un impacto positivo con la construcción de la presa, ya que mejorara la calidad de vida de la zona, al evitar riadas y dar más seguridad, tener un abastecimiento de agua y proporcionarle nuevos espacios de ocio y recreo.

Por último el impacto Paisajístico será total. Se crearan unas aguas remansadas que proporcionararan unas vistas relajantes pero que destruirá el paisaje heredado.

Para estos impactos, las soluciones que se deben proponer son las siguientes :

En cuanto al Medio Hídrico consideran que es más importante las construcción de la presa, por ser esta una presa de regulación de avenidas, que las posibles modificaciones de arrastres de sólidos. Por lo que respecta a la calidad de las aguas se seguirán procesos para controlar la eutrofización, así como controlar problemas sanitarios(rellenado de zonas susceptibles de ser pantanosas, utilizar pestizadas no tóxicos para eliminar insectos molestos o transmisores de enfermedades infecciosas, etc).

Las propuestas sobre el Medio Terrestre se basan en su mayoría en el punto de vista edafológico. Consideran prioritario la creación de suelo, a base de humus que serviría para proteger de la erosión, mantener la humedad, proteger las semillas de la lluvia y los pájaros, mejorar la tierra fértil y prolongar el periodo vegetativo.

En el punto de vista de la Gea se encargaran de la restauración de los desmontes mediante plantaciones.

Las soluciones en el Medio Biótico pasan por la repoblación forestal con vegetación autóctona y algo de foránea. Se debería utilizar Matorral, Olivos, Encinas y Pino Carrasco. Para ello se realizara una limpieza del terreno, se le aportara tierra vegetal y se pasara a la siembra o plantación según sea el caso.

Para la fauna se realizara un estudio bioecológico en las zonas afectadas de la cuenca y además se crearan en la cola de la presa unas balsas con vegetación de ribera para abrigo y nidificación de la avifauna.

Las propuestas sobre el Medio Humano deben pasar por revértir a los propietarios aquellas tierras que no se inundaran durante las crecidas de la cuenca. También en reponer y enlazar los viales existentes.

El Paisaje Natural se puede recuperar reforzando la vegetación existente, enmascarando las obras de fábrica, estabilizando los taludes, buscando un equilibrio entre masas vegetales,

distribuyéndola escalonadamente y enlazando las distintas zonas vegetales y buscando romper la monotonía de las zonas desoladas.

El Paisaje Humanizado se tratara de recuperar para el uso agrícola, preparando el terreno para la creación de bancales.

ORDENACIÓN PROPUESTA.

A tenor de todo lo anteriormente expuesto, hemos planteado cuales son las transformaciones que precisa los aprovechamientos de la cuenca del Río Campanillas para lograr evitar las importantes perdidas de suelo que hoy padece así como regular sus aportes de aguas al Río Guadalhorce tras uno de los típicos aguaceros de la zona, para de esta forma ayudar a la prevención de las inundaciones de la ciudad, con independencia de la obra hidráulica ya reseñada, y que necesariamente para la conservación de la misma requiere de dicha actuación agrohidrológica. El resultado de nuestros estudios ha sido el siguiente: hay en la cuenca 593 Has., el 2.1% de la superficie de la misma, que hoy están ocupadas por un arbolado claro con matorral degradado y que mediante repoblaciones forestales y trabajos de silvicultura deben irse progresivamente transformado en un espeso bosque, fracción de cabida cubierta superior al 75%. 8,983 Has. se encuentran cubiertas por un matorral degradado que tras una reforestación será transformado en un bosque de características similares al anteriormente descrito, con lo cual otro 32% de la superficie de la cuenca pasaría a ser bosque. La misma suerte deben correr las 7,320 Has. de pastizal, pastizal arbolado y erial que existen en la zona, sumando así otro 26.2% de superficie al futuro bosque.

Contamos con unas 871 Has. en las que se mantendrán los cultivos aunque algunos de ellos tengan carácter de marginales, con lo cual un 3.1% de la superficie conservará su ocupación agrícola. Hay 8 Has. en las que sería factible la creación a partir del matorral degradado que ahora las ocupa de un pastizal controlado, suponen estas tan solo un 0.3% de superficie. 2,965 Has. conservarían su actual status agrícola, suponen el 10.6% de la cuenca. Mientras otras 6,728 Has., o sea el 24% de la superficie, que actualmente son de aprovechamiento agrícola serian transformadas en un bosque de fracción de cabida cubierta mayor del 75%. En resumen en la cuenca del Río Campanillas pasaríamos de un total de 714 Has. de bosque con las que hoy cuenta a unas 23,627 Has tras la restauración (Tabla 8).

La ordenación propuesta supone actuar sobre la mayor parte de la superficie de la cuenca, lo que implica un elevado coste y un dilatado espacio de tiempo para la ejecución de la totalidad de las actuaciones a realizar.

Por ello y tras un minucioso estudio de todas las variables consideradas, se analiza la posibilidad de una ordenación parcial cuyos efectos comentaremos a continuación por si pudieran ser suficientemente efectivos al objetivo que pretendemos.

Esta ordenación parcial consiste en actuar únicamente sobre 53 subcuencas, que representan el 25% de la superficie total del territorio de la cuenca del Campanillas.

Tabla nº 8.

Valor	ORDENACIÓN PROPUESTA			
	%	% Acumulado	Superf.Has.	Sup.Acum.Has.
4	2.125621	2.125621	593.53	593.53
5	32.17436	34.29998	8,983.94	9,577.47
6	26.21569	60.51567	7,320.12	16,897.59
7	3.121442	63.63711	871.59	17,769.18
8	0.286756	63.92387	80.07	17,849.25
11	10.61876	74.54262	2,965.04	20,814.29
12	24.09644	98.63906	6,728.37	27,542.66
Urbano	0.160765	98.79983	44.89	27,587.55
Rocas	1.200172	100	335.12	27,922.67

SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO TRAS LA RESTAURACIÓN Y SUS EFECTOS EN LOS PUNTOS CONFLICTIVOS.

Trátase de la ordenación parcial o de la total, la respuesta hidrológica de la cuenca se caracteriza por una reducción del caudal punta, como consecuencia de incrementarse los coeficientes de retención del suelo e infiltración, así como los tiempos de desfase, tanto más cuanto mayor sea la superficie de la cuenca en cuestión. Además, en efecto poseen un factor multiplicador si tienen en cuenta la agresión que para cualquier cuenca supone la construcción de una presa.

*Incremento de los tiempos de desfase.

Los tiempos de desfase varían considerablemente después de realizada la ordenación de la cuenca, en el caso del Río Campanillas y debido principalmente a sus importantes pendientes las variaciones en el tiempo de desfase no son especialmente llamativas, el control de la cuenca viene dado en este caso por una fuerte reducción de caudales, más que por una ampliación de estos tiempos. Por este motivo, sería más que necesaria fundamentalmente, la vegetación de todo el vaso del futuro embalse de Casasola.

*Reducción del caudal máximo.

En el primer punto de control (S5) del Río Campanillas nos encontramos que en la actualidad y para una precipitación de 70 litros el caudal punta alcanza los 105 m³/seg. en 1 hora y 5 minutos, pues bien, en el mismo lugar y tras realizar una simulación de ordenación parcial de la cuenca a 25 años vista, ese caudal sería de 76.13 m³/seg. y se llegaría a él en 1 hora y 10 minutos, en caso de la aplicación total de la ordenación y en esos mismos 25 años dicho caudal se mantiene en 76.13 m³/seg., si nos alejamos en el tiempo y observamos el mismo punto de la cuenca a 50 años de su ordenación parcial veremos que contamos con un caudal de tan solo 76.48 m³/seg.

Estos datos aumentan de significado según nos vamos acercando a la desembocadura, así en el antepenúltimo punto de control (S105) nos encontramos con un caudal máximo de 252.16 m³/seg. que se alcanzan a 1 y 40 minutos de iniciada la precipitación, a 25 años y tras una ordenación parcial de la cuenca este caudal se quedaría en 194.91 m³/seg. y si esa ordenación es total dicho umbral de escorrentía sería de 173.34 m³/seg., a los 50 años nos encontraríamos con unos caudales de 165 m³/s tras la ordenación parcial y tan solo 162.32 m³/seg si la cuenca es restaurada en toda su superficie.

El penúltimo punto de control (S108) nos presenta el siguiente panorama: en la situación actual llegaría a un caudal punta de 369.28 m³/seg. a 3 horas y 5 minutos de iniciada la precipitación, tras la ordenación parcial y a 25 años ese caudal sería de 326.82 m³/seg., si dicha restauración fuese total el caudal tan solo ascendería a 260.95 m³/seg., en 50 años estos caudales pasarían a ser de 322.59 m³/seg. para la ordenación parcial y de 235.24 m³/seg. para la total.

Todos estos datos se incrementan y toman mayor significación en el último punto de control (S112) de la cuenca, punto en el que une sus aguas a las del Río Guadalhorce. Aquí su caudal punta es de 348.79 m³/seg., a 25 años y tras una restauración parcial, estos se reducirían a 310.28 m³/seg., para la restauración completa el caudal sería de 244.68 m³/seg., a los 50 años, y tras la restauración parcial este caudal sería de 306.38 m³/seg. para reducirse a 220.10 m³/seg. tras si la restauración realizada es sobre toda la superficie de la cuenca.

Esta información pone en evidencia, la importancia de la actuación agrohidrológica en la cuenca, y el efecto de la misma, en lo que se refiere al riesgo de avenidas. Sin embargo no es menos cierto que hallaran las soluciones a 25 ó 50 años. Estas son las soluciones a medio y largo plazo. En una cuenca de ámbito mediterráneo, como esta, se debe tener también en cuenta la posición hídrica, cuando el agua sigue siendo un bien escaso en esta zona..

De ahí que sea necesario compatibilizar la solución hidrológica con la hidráulica, en el bien entendido de que hablan de un uso compatible, en una cuenca tan sensible dada la circunstancia ecogeográfica ya reseñada.

Sin embargo, ese uso solo será factible mediante la puesta en marcha de toda una serie de medidas correctoras ya enunciadas, así como con la aceleración de las medidas compensatorias que incidiría en los habitantes y patente no solo en la economía local, sino también en la de toda la cuenca en general.

CAUDALES A 25 AÑOS CON RESTAURACIÓN PARCIAL (m ³ /seg)						
SALIDAS	I/50	II/50	III/50	I/70	II/70	III/70
S5	0.74	11.27	42.57	5.33	29.09	76.13
S7	1.13	19.81	74.84	8.85	50.15	131.71
S13	3.52	38.99	108.69	18.91	83.75	175.61
S24	0.49	35.06	110.64	14.05	80.23	185.77
S34	2.95	35.44	97.03	17.88	76.43	156.90
S35	4.52	38.30	107.90	20.33	81.76	174.54
S37	8.43	24.82	42.02	20.08	43.22	61.36
S43	17.10	49.17	87.00	40.17	85.72	130.64
S50	28.63	81.55	147.36	67.59	141.03	213.56
S67	17.09	53.86	116.05	40.28	98.11	173.48
S82	14.31	53.32	119.04	38.09	98.44	179.55
S91	0.77	12.48	33.07	6.22	26.90	53.45
S96	1.33	19.91	68.73	8.96	47.52	118.45
S105	10.08	47.37	121.60	30.38	94.76	194.91
S108	21.14	87.31	210.00	59.43	168.04	326.82
S112	19.54	82.11	199.14	55.40	158.61	310.28

CAUDALES A 50 AÑOS CON RESTAURACIÓN PARCIAL (m ³ /seg)						
SALIDAS	I/50	II/50	III/50	I/70	II/70	III/70
S5	0.74	10.91	42.83	5.33	28.60	76.48
S7	1.13	19.32	75.51	8.89	49.13	132.62
S13	3.54	38.99	108.69	18.91	83.75	175.60
S24	0.51	35.01	109.87	14.08	79.99	184.51
S34	2.95	35.44	97.03	17.88	76.43	156.90
S35	4.52	38.29	107.85	20.33	81.74	174.46
S37	8.43	24.82	42.02	20.08	43.22	61.36
S43	17.10	49.17	87.00	40.17	85.72	130.64
S50	28.63	81.55	147.36	67.59	141.03	213.56
S67	17.09	53.86	116.05	40.28	98.11	173.48
S82	14.31	53.32	119.04	38.09	98.44	179.55
S91	0.74	10.97	32.06	4.79	24.42	52.31
S96	1.04	17.82	65.26	7.73	43.37	113.74
S105	9.83	45.19	117.71	29.23	90.69	189.66
S108	20.94	85.49	206.88	58.50	164.58	322.59
S112	19.34	80.38	196.26	54.45	155.32	306.38

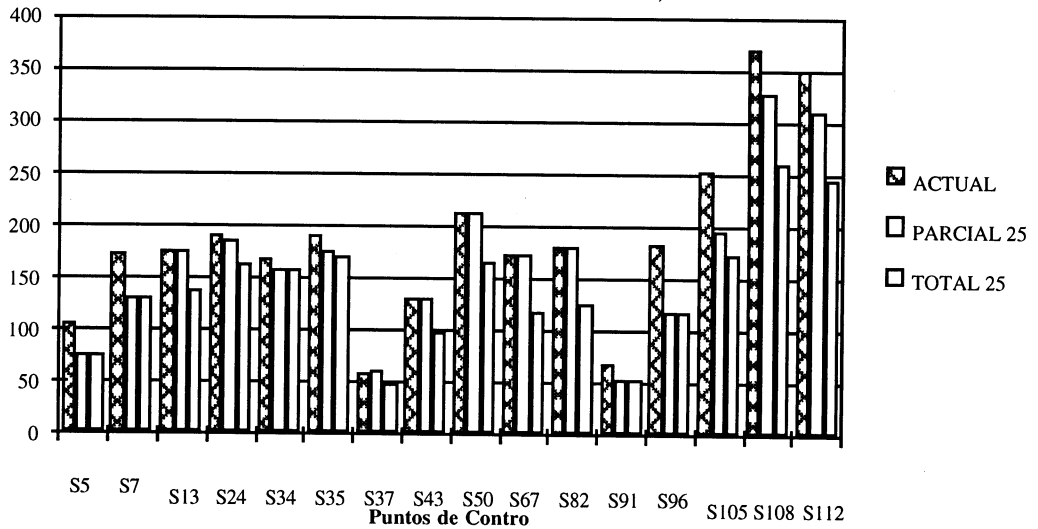
CAUDALES A 25 AÑOS CON RESTAURACIÓN TOTAL (m ³ /seg)						
SALIDAS	I/50	II/50	III/50	I/70	II/70	III/70
S5	0.74	11.27	42.57	5.33	29.09	76.13
S7	1.13	19.81	74.84	8.85	50.15	131.71
S13	1.30	19.47	78.53	7.19	51.01	137.96
S24	0.27	26.80	92.16	9.52	65.82	161.94
S34	2.95	35.42	97.03	17.88	76.40	156.90
S35	3.32	34.24	104.03	16.88	75.46	170.09
S37	0.73	10.41	29.88	5.16	23.28	47.79
S43	2.60	21.70	59.77	11.72	46.37	98.27
S50	2.26	36.15	101.35	17.04	79.07	164.89
S67	1.86	23.65	70.63	10.94	51.22	119.39
S82	1.51	22.09	75.47	9.60	50.68	126.29
S91	0.77	12.48	33.07	6.22	26.90	53.45
S96	1.33	19.91	68.73	8.96	47.52	118.45
S105	2.27	31.28	102.79	14.30	71.73	173.34
S108	3.00	45.70	155.14	19.77	105.62	260.95
S112	2.72	42.20	144.85	18.18	98.09	244.68

CAUDALES A 50 AÑOS CON RESTAURACIÓN TOTAL (m ³ /seg)						
SALIDAS	I/50	II/50	III/50	I/70	II/70	III/70
S5	0.74	10.91	42.83	5.33	28.60	76.48
S7	1.13	19.32	75.51	8.89	49.13	132.62
S13	1.31	18.99	75.72	7.04	49.91	134.09
S24	0.23	26.75	91.38	9.55	65.58	160.67
S34	2.95	35.44	97.03	17.88	76.43	156.90
S35	3.32	34.24	103.97	16.88	75.46	170.02
S37	0.72	9.70	28.81	4.58	21.89	47.47
S43	2.07	18.98	55.66	10.18	41.98	93.05
S50	0.96	31.85	97.54	12.38	72.60	160.40
S67	1.08	19.07	62.90	7.19	43.92	109.41
S82	0.63	15.16	62.03	5.61	38.22	109.20
S91	0.74	10.97	32.06	4.79	24.42	52.31
S96	1.04	17.82	65.26	7.73	43.37	113.74
S105	1.70	26.61	94.31	11.41	63.63	162.32
S108	1.62	34.29	135.14	13.67	84.80	235.24
S112	1.41	31.67	126.01	12.36	78.85	220.10

Se exponen a continuación los gráficos en los que se refleja la variación de los caudales punta tras las ordenaciones parcial y total en la situación III con una precipitación de 70 litros.

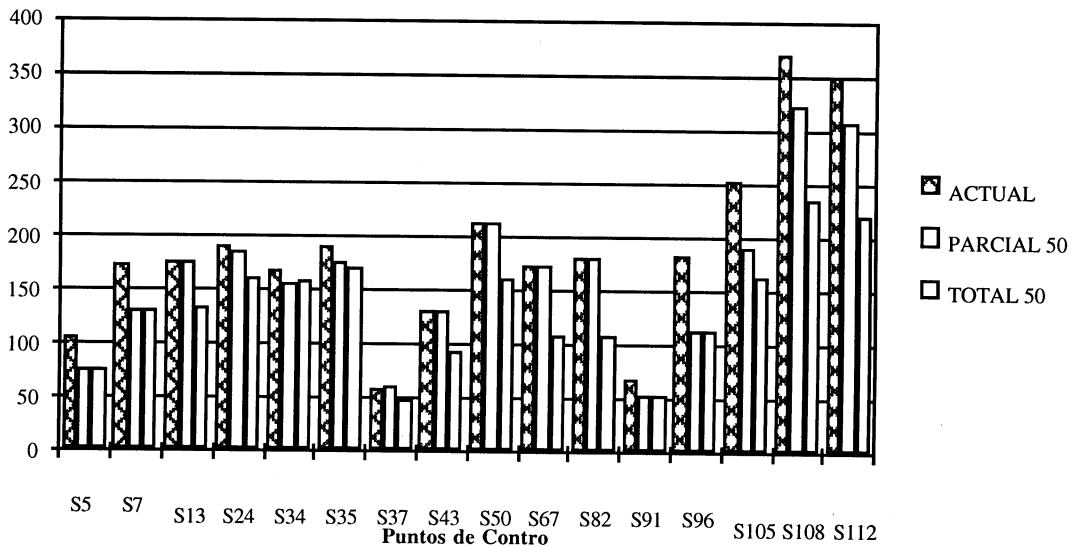
CAMPANILLAS

Evolución de Caudales en la Situación III, 70 litri



CAMPANILLAS

Evolución de Caudales en la Situación III, 70 litri



En esta cuenca, la ordenación parcial supondrá el transformar el uso del 21.5% de su superficie.

La vista de las gráficas anteriores nos sugiere la posibilidad de llevar a cabo únicamente esta ordenación parcial, ya que con ella se consigue una importante reducción del caudal punta en la última salida, con una perturbación sobre el territorio relativamente baja.

No obstante, es notoria la diferencia de comportamiento de este sistema hidráulico tras la ejecución de la ordenación total.

Como conclusiones dentro de este breve estudio, podemos plantear:

a /.- La cuenca del río Campanillas en la actualidad hidrológicamente posee un nivel de competencia alto en tanto y en cuanto, como tributario del río Guadalhorce, y considerando que afluye en un punto muy cercano de la desembocadura de este último, y con un caudal aproximado de 350 m³/seg. es capaz de activar una onda de avenida, y en consecuencia la capacidad de inundación en el último tramo del Guadalhorce.

b /.- La característica ecogeográfica de la cuenca así como su morfología, hacen que presente un nivel de degradación de suelos muy severo, con lo que la no actuación en el mismo hace que dicho nivel posee una tendencia que en esos casos puede considerarse irreversible.

c /.- Las soluciones tanto en la cuenca como los efectos que pueda producir aguas abajo, pasan por 2 vías, la hidrológica y la hidráulica.

Desde el punto de vista hidrológico, es necesario la ordenación de la misma lo que conlleva efectos a medio y largo plazo, la reducción de caudales punta y de composición de la misma. Estos caudales serán inferiores, reduciéndose casi en un 30 %, y el agua poseerá una carga en suspensión menor de aportes sólidos, menor erosividad y menor capacidad de sedimentación.

Desde el punto de vista hidráulico, y considerando el costo previo, se hace necesario la construcción de una presa que compatibilice la regulación hídrica del río, y que garantice la previsión hídrica del área metropolitana. Sin embargo dicha construcción se debe llevar a cabo garantizando totalmente las medidas correctoras posibles que disminuyan sus impactos ambientales consecuentes, y con medidas compensatorias que contribuyan a dinamizar la actividad humana y económica

INSTRUMENTOS LEGALES PARA LLEVAR A CABO LAS ACCIONES PROPUESTAS.

La mayor parte de la superficie afectada por el presente estudio, es de propiedad particular y en consecuencia la ejecución de la ordenación propuesta, necesariamente va a afectar a fincas privadas. Es más: las áreas menos protegidas ante la agresión de la lluvia y por tanto las más castigadas por procesos de erosión, están dedicadas al cultivo agrícola o lo han estado hasta fechas recientes, lo que indica su régimen de propiedad y es en ellas donde se hacen más precisas las actuaciones propuestas.

En aquellas áreas de propiedad pública, ya sean de Entidades Locales o del Estado, en las que haya que actuar, los organismos públicos que tienen a su cargo la gestión o en su caso la tutela, serán los encargados de llevar a cabo los trabajos de restauración hidrológico-forestal que deban realizarse, en el marco de sus planes ordinarios de trabajo o mediante inversiones extraordinarias.

Pero en los terrenos de propiedad privada, sobre todo si se trata de fincas aún cultivadas, la actuación no es tan fácil, ya que ello supone la pérdida de una actividad productiva, que si bien en muchos casos se tratará de rentas mínimas de cultivos marginales y no afectará de forma decisiva a la economía doméstica de sus propietarios, en otros puede no ocurrir esto y por el contrario esa pérdida de renta puede afectar de forma importante a los titulares de la finca en cuestión.

El procedimiento más aconsejable para acceder a estos terrenos, es su adquisición por la Administración.

No obstante, existen una serie de disposiciones e instrumentos legales de ayuda a la reforestación y mejora de bosques, de los que pueden hacer uso aquellas personas que quieran seguir manteniendo la propiedad de sus fincas.

En Real Decreto 378/93 promulgado en el marco de los reglamentos 2080/92 y 1610/89 de la Unión Europea contiene una serie de líneas de ayuda para la transformación de explotaciones agrarias referidas a:

Gastos de repoblación.

Primas de mantenimiento durante 5 años, de la superficie repoblada.

Prima anual compensatoria por pérdida de renta durante 20 años.

Tratamientos selvícolas y mejora de las superficies forestales.

Esta normativa establece un orden de prioridades, así como la declaración de zonas preferentes, entre las que están contenidos los términos municipales de: Almogía, Málaga y Casabermeja, afectados por este estudio.

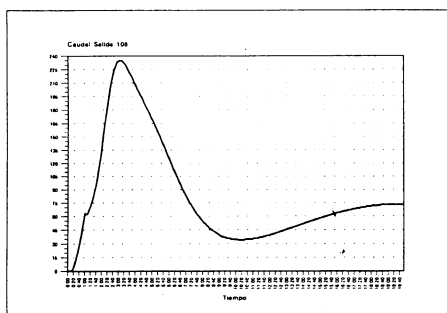
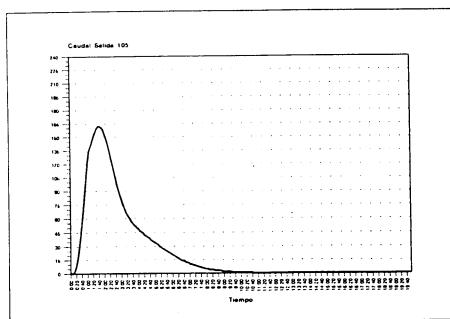
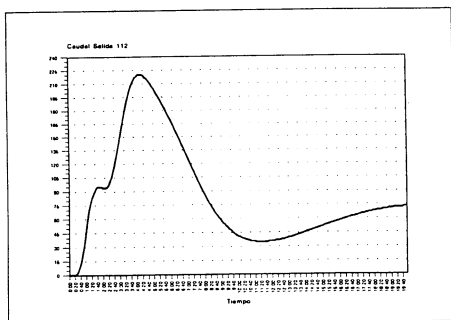
Así mismo, el Plan Forestal Andaluz, en cuyo marco deberán desarrollarse todos los trabajos y obras sugeridos por este estudio, también establece en su Título III, Artículo 44.2 y en su Título VI, Artículos 70 y 71, líneas de ayuda para el desarrollo de actividades forestales.

BIBLIOGRAFÍA.

- Ruiz Sinoga, J.D.: Metodología para el diseño de actuaciones agrohidrológicas en las cuencas del ámbito mediterráneo. Los arroyos orientales de Málaga. ICONA, 1991.
- Míntegui, A., y López Unzu, F.: Ordenación agrohidrológica en la planificación. Gobierno Vasco, 1990.
- López Cadenas de Llano, F. y Míntegui, A.: Hidrología de superficie. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. 2 Grandes presas. MOPU, 1989.

CUENCA DEL CAMPANILLAS

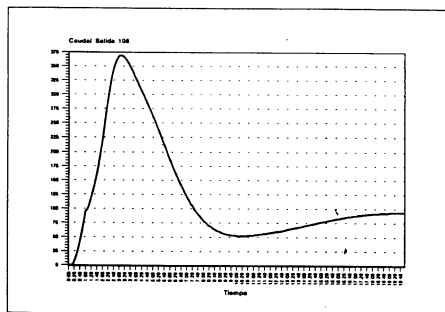
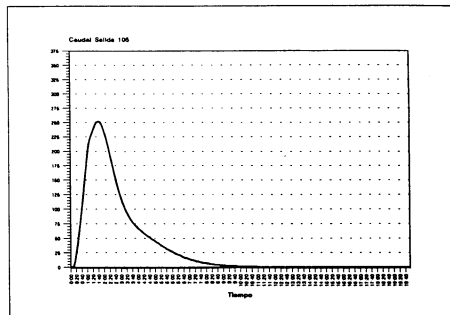
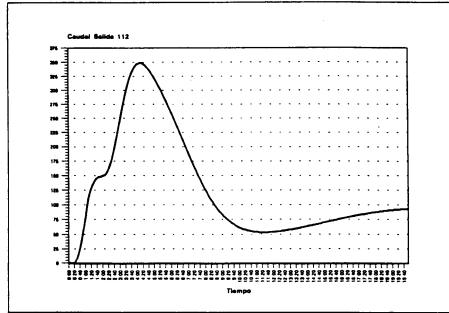
Propuesta Ordenación Total
Comportamiento Hidrológico a 50 años
Condición III. 70 litros/m²



Caudal: m³/seg.

CUENCA DEL CAMPANILLAS

Situación Actual.
Condición III. 70 litros/m²



Caudal: m³/seg.

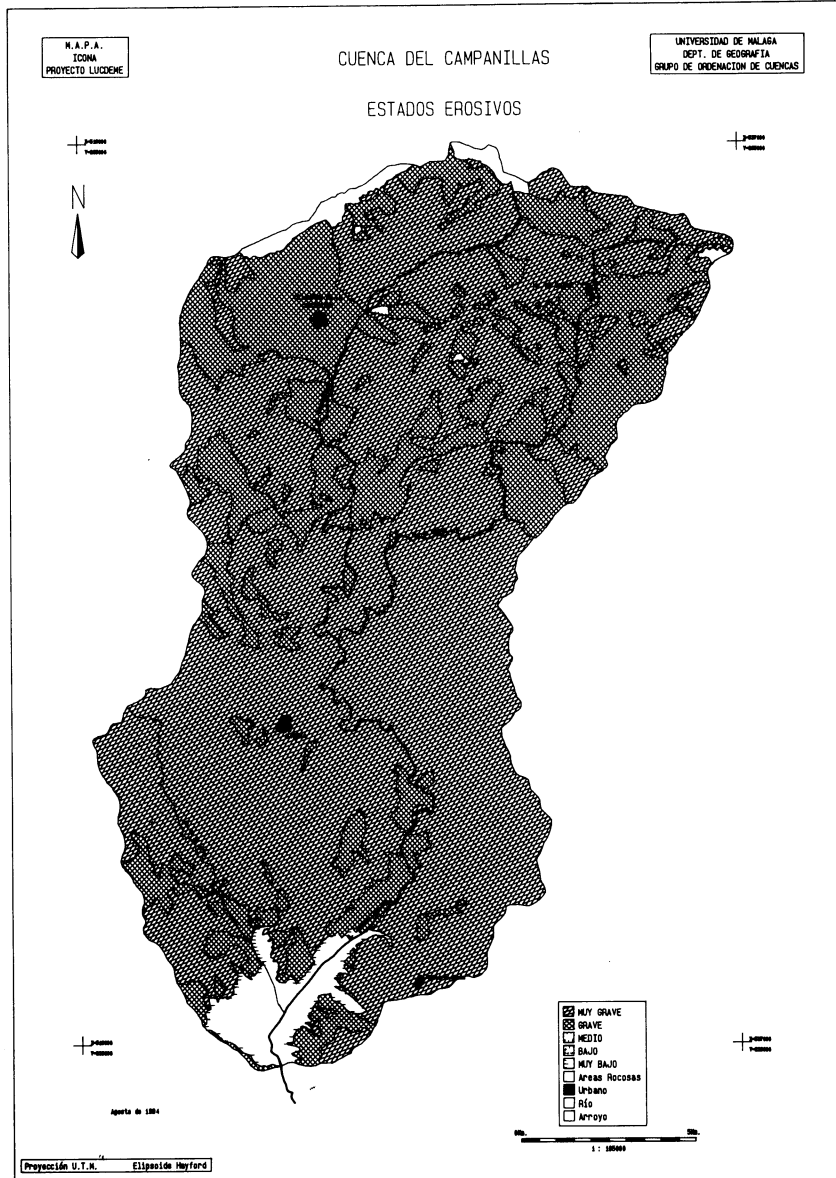


Lámina 3

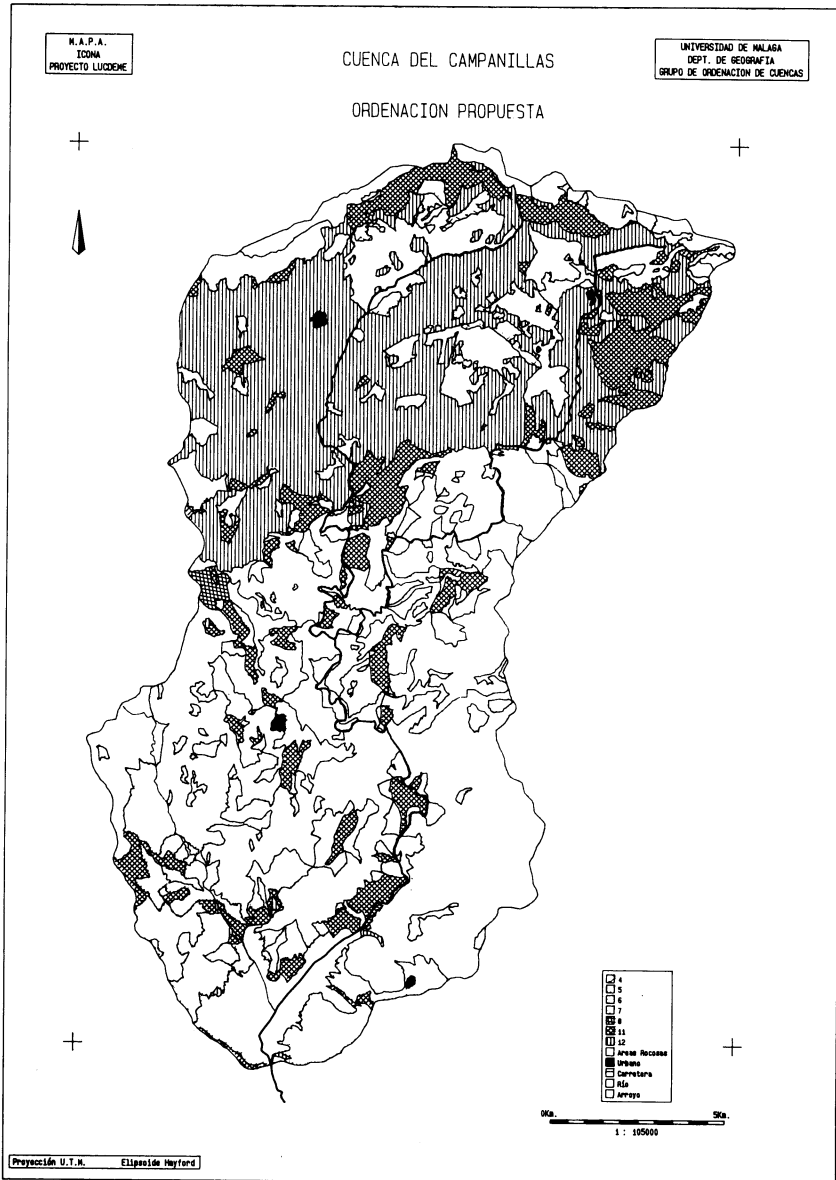


Lámina 4