

GUADALMEDINA: RÍO DE LA CIUDAD

Ricardo A. Salas de la Vega
Académico de mérito de la Academia Malagueña de Ciencias

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Wādī al-Madīna o río de la ciudad es la denominación que los árabes le dieron a este cauce. La relación entre el Guadalmedina y la ciudad ha estado marcada, entre los siglos XVI y XX, por las periódicas inundaciones que la asolaban, fruto de la deforestación de su cuenca hidrográfica.

La corrección hidrológico forestal se ha demostrado, vista la realizada a principios del siglo XX en su margen izquierda, hoy Parque Natural, como el mejor método para paliar estas inundaciones. Repoblaciones, construcción de hidrotecnias y caminos, tratamientos selvícolas, reforzarán el carácter protector de la cuenca, al tiempo que van a posibilitar un espacio de encuentro entre la ciudad y su río.

Las inundaciones de 23-24 de septiembre de 1907, marcaron un hito en la historia de estas sucesivas catástrofes que asolaban Málaga desde principios del siglo XVI, concretamente desde el año 1544 cuando se produce la primera inundación conocida.

El 18 de octubre de 2007, el Ayuntamiento de Málaga encarga a su archivero la recopilación de estudios y proyectos que, hasta esa fecha, se hubieran realizado con el objetivo de evitar el desbordamiento del río Guadalmedina. Antonio Guzmán, que así se llamaba este funcionario, informa en noviembre que dada la premura de tiempo sólo se había centrado en las inundaciones extraordinarias, ya que no había podido examinar con detalle los más de 400 libros capitulares.

Las soluciones propuestas se desglosaban fundamentalmente en desviaciones, como ejemplo la propuesta por Ximénez de Mendoza y Ramos, que desviaban el cauce por detrás de la Trinidad y canalizaciones, como Sánchez Bort que decía: "*... cuan expuesto es quitar de los ríos el curso que les señaló la Naturaleza y quererlos conducir por cauces artificiales...*", A Diego Ramírez y Miguel Téllez una avenida se llevó por delante las obras comenzadas. Curiosa y

atrevida fue la presentada por Navalón, que llegó a proponer la urbanización del río desde el mar hasta el arroyo Pescadores, en 1888. Para ello desviaba también el cauce por detrás de la Trinidad y lo hacía desembocar por Huelin, con la idea de desplazar a la ciudad centrándola en el eje del río con un nuevo Ayuntamiento, Diputación, Gobierno militar, etc. Con los terrenos ganados al cauce se pagaban las obras, pero podemos agradecer que por la falta de dinero municipal y la desaparición del promotor se frustró el proyecto.

Paralelamente, el rey Alfonso XIII mediante Real Orden 13 de octubre de 1907 encomendó el estudio de un plan de defensa de Málaga contra las inundaciones del Guadalmedina. Fruto de esto se crearon una Comisión de Ingenieros de Caminos, para el estudio y construcción de un embalse regulador y otra de Ingenieros de Montes, que abordaba directamente la fuente del problema, como era la deforestación de la cuenca, proponiendo medidas de restauración hidrológico-forestal.

La observación de los procesos característicos de la dinámica fluvial como son la erosión, el transporte y la sedimentación, presentes con mayor o menor protagonismo en los diferentes tramos del río, indicaba claramente que la vegetación era el elemento clave como solución del problema en su origen, ya que va a provocar la disminución de la intensidad de lluvia en el suelo, aumentando la duración del desagüe, favoreciendo la infiltración en detrimento de la escorrentía y por tanto reduciendo las pérdidas de suelo al disminuir los arrastres. Se encargó al Ingeniero de Montes D. Miguel Bermejo Durán la redacción del "Proyecto de Corrección y Repoblación Forestal de la cuenca del río Guadalmedina", documento que terminó de redactar en 1919.

En 1924 finalizó la construcción de la presa del Agujero y se reencauzó el río a su paso por la ciudad, con un caudal de desagüe de aproximadamente 600 m³/s. Esto supuso una contribución importante en la laminación de avenidas y en la retención de sedimentos.

Una vez declarados de Utilidad Pública los trabajos de corrección hidrológico-forestal, en 1927 por el Conde del Guadalhorce, de cara a la expropiación forzosa, en septiembre de 1930 comienzan los trabajos, proyectados por Bermejo Durán constituidos por una serie de actuaciones, fundamentalmente de hidrotecnias, de repoblación forestal y obras complementarias como caminos. Con el objeto de llevar a cabo las repoblaciones, el Estado adquirió a través del patrimonio forestal del Estado mediante diversas expropiaciones entre 1930 y 1948, noventa y cuatro fincas, insertas en la Cuenca del Guadalmedina, con una extensión de 4.762 ha.

La repoblación se proyectó en un plazo de 25 años, justificando las especies a emplear, dadas las condiciones de altitud media de 600 m y el clima templado, las siguientes: pino piñonero, pino carrasco entre las coníferas, algarrobo y alcornoque entre las planifolias y chopos, mimbrres y castaños, para los cauces.

Además de la repoblación, se construyeron 3.048,0990 metros cúbicos de mampostería hidráulica en 31 diques y 10.660 metros cúbicos de mampostería en seco en 417 albarradas de piedra en seco y, además, numerosos enfagínados, setos vivos, espigones vegetales de defensa de márgenes, etc.

Hubo una 2ª fase del Proyecto de Corrección Hidrológico-Forestal de la Cuenca del Guadalmedina desarrollada por el ICONA en 1978, que planteaba de nuevo la necesidad de llevar a cabo los trabajos proyectados y que no se realizaron con el proyecto anterior, planificándose la repoblación de 6.139 ha adicionales a las 4.762 tratadas anteriormente. El plazo para realizar los trabajos era de cinco años, eligiendo como especies principales para la repoblación el pino carrasco y la encina. En esta fecha comienza la construcción de la presa de El Limonero, aguas abajo del Agujero y a 6 km de la desembocadura del Guadalmedina.

La adecuada gestión forestal de la Cuenca del Guadalmedina ha de ir encaminada a potenciar el carácter protector del monte y de regulador de la escorrentía, intentando lograr el establecimiento de una vegetación arbórea del mayor nivel de madurez posible. Sólo de esta forma se puede ir recuperando paulatinamente el equilibrio perdido por la acción del hombre, y que tan numerosos

perjuicios ha causado sobre la ciudad de Málaga y su entorno.

Actualmente, la cuenca, aguas abajo de la presa de El Limonero, no se encuentra regulada a pesar de las diferentes medidas que en los últimos años se han llevado a cabo para la consecución de este objetivo. Las principales medidas que se han adoptado para corregir los fenómenos torrenciales regulando los caudales de la cuenca son las siguientes:

- Restauración hidrológico forestal: mejora de la cubierta vegetal para asegurar su función protectora en la conservación del suelo y el control de avenidas.

- Construcción de estructuras transversales (diques): controlan el descenso del lecho en un punto fijo, disminuyen la energía del agua y ejercen como depósito de sedimentos. Además, se consigue la disminución de la pendiente del cauce natural, así como un aumento de la anchura del mismo.

La restauración hidrológico-forestal tiene una importancia fundamental para corregir el desequilibrio hidrológico ocasionado por el deterioro del suelo y la cubierta vegetal. Ante episodios de precipitaciones intensas en periodos cortos de tiempo, estos suelos son incapaces de infiltrar las escorrentías generadas, conllevando el inicio de procesos erosivos. Al no ser capaz la cuenca de infiltrar dichas escorrentías, se generan caudales punta que sobrepasan la capacidad de la misma para su conducción a través de la red de drenaje. Los caudales líquidos generados en los fenómenos de escorrentía transportan además sólidos, tanto en forma de suspensiones como de acarreos.

Por tanto, es fundamental acometer actuaciones de restauración hidrológico-forestal y la construcción de estructuras transversales en las cuencas no corregidas y cuyos cauces desembocan aguas abajo de la presa de El Limonero, con objeto de tratar de laminar los caudales y reducir los aportes de sólidos que se incorporan al tramo urbano del río Guadalmedina y, por tanto, disminuir el riesgo de una avenida catastrófica en la ciudad de Málaga. Estas actuaciones son el objeto del proyecto que describimos en este texto.

OTRAS ACTUACIONES Y ESTUDIOS

1. Anteproyecto de desviación del Guadalmedina a su paso por Málaga, redactado en 1970.

2. Proyecto 03/76 de construcción de la presa de El Limonero. Adicional 12/78, redactado en 1978.

3. En el año 1992 se redactó el estudio en modelo reducido del encauzamiento del río Guadalmedina, como consecuencia de los ensayos llevados a cabo por el CEDEX. La principal conclusión alcanzada en este estudio fue que, de acuerdo con los ensayos realizados en modelo físico, la capacidad del encauzamiento se fijó aproximadamente en 600 m³/s.

En consecuencia, se genera cierta incertidumbre sobre la capacidad real y efectiva del encauzamiento del río Guadalmedina a su paso por la ciudad de Málaga. Por ello, la Junta de Andalucía consideró necesario encargar al Centro de Estudios Hidrográficos un estudio mediante modelación matemática de dicho encauzamiento, teniendo en cuenta la geometría exacta de la actuación realmente construida en el tramo del encauzamiento. El resultado de la modelización matemática confirmó que el cauce existente tenía capacidad para desaguar 600 m³/s sin desbordar ni poner en carga ningún puente.

4. Proyecto de Restauración hidrológica forestal en 2001, ejecutado por la Confederación Hidrográfica del Sur, para ello se expropiaron por parte del Ayuntamiento de Málaga 350 ha, dando lugar al Parque Forestal Ciudad de Málaga.

5. Hidrología del río Guadalmedina aguas abajo del embalse de El Limonero, redactado en 2009. En este estudio se obtuvo, para la cuenca baja del río Guadalmedina, sin aportación alguna desde el embalse de El Limonero, un caudal punta de 449,48 m³/s para la avenida de 500 años de periodo de retorno.

A partir del valor del caudal punta de la crecida de la cuenca baja del río Guadalmedina, obtenido en el documento Hidrología del río Guadalmedina aguas abajo del embalse de El Limonero, se juzgó que no es prudente descartar la coincidencia de puntas entre el hidrograma laminado por el embalse de El Limonero y el hidrograma de la cuenca baja

del río Guadalmedina, por lo que en el estudio de laminación realizado para establecer el nivel máximo normal NMN del embalse se consideró que el caudal punta laminado por el embalse no puede superar los 150,52 m³/s.

6. En el año 2011, el Ayuntamiento de Málaga, a través de la Fundación CIEDES (Centro de Investigaciones Estratégicas y Desarrollo Económico y Social), convocó un concurso de ideas sobre la integración urbana del río Guadalmedina con el objetivo de recibir las mejores propuestas (mejor calidad medioambiental, hidráulica y urbanística) para la integración del río en la vida ciudadana

7. En 2017, el Ayuntamiento de Málaga aborda la redacción del denominado Plan Especial del río Guadalmedina a partir de los contenidos del proyecto ganador en el Concurso de ideas.

8. En esta fecha el Ayuntamiento incorpora el Parque Forestal Ciudad de Málaga, en el mantenimiento de sus Parques y Jardines, planificando unas repoblaciones conducentes a incrementar su masa forestal, las cuales se inician en el año 2019.

9. Con fecha 11 de noviembre de 2020 la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, emitió resolución aprobando el encargo a medio propio a la empresa pública de Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A., S.M.E., M.P. (TRAGSATEC, S.A.) para la ejecución del proyecto denominado "Redacción del Plan de actuaciones de reducción de aportaciones líquidas y sólidas al tramo urbano del Guadalmedina en la ciudad de Málaga".

ÁREA DE ESTUDIO

El Guadalmedina es un río costero del sur de España perteneciente a la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas que nace en el pico de la Cruz, en la Sierra de Camarolos. Tiene una longitud de 51 km hasta su desembocadura, en pleno centro de la ciudad de Málaga. En su recorrido atraviesa el Parque Natural Montes de Málaga.

La Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas ocupa una superficie de unos 20.000 km², incluyendo el ámbito continental y el litoral, y comprende parte de las provincias de Cádiz, Málaga,

Granada y Almería. y abarca un conjunto de cuencas de ríos, arroyos y ramblas que nacen en las Cordilleras Béticas.

Siguiendo criterios geográficos e hidrológicos, la planificación hidrológica ha dividido la demarcación en cinco zonas o sistemas, cada uno de los cuales se encuentra a su vez subdividido en unidades menores o subsistemas. El río Guadalmedina se encuentra enmarcado en el sistema de la "Serranía de Ronda", y dentro de éste, en el subsistema "Cuencas de los ríos Guadalhorce y Guadalmedina".

El proyecto, actualmente en ejecución, que va a centrar esta conferencia, es la continuación de los proyectos de corrección hidrológico

forestal ejecutados hasta la fecha en el citado anteriormente Parque Forestal Ciudad de Málaga.

Este proyecto, denominado "Restauración hidrológico forestal en los arroyos tributarios del tramo urbano del río Guadalmedina" en la ciudad de Málaga, se ubica en la margen derecha de la cuenca del río Guadalmedina aguas abajo del embalse de El Limonero (fig. 1). Las actuaciones previstas se llevarán a cabo en las parcelas de titularidad pública (situadas al norte de la Autovía del Mediterráneo A-7) que ocupan una superficie total de 348,65 ha. Es una obra acometida por la Dirección General de Planificación y Recursos Hídricos de la Junta de Andalucía con una cuantía de cinco millones de euros.

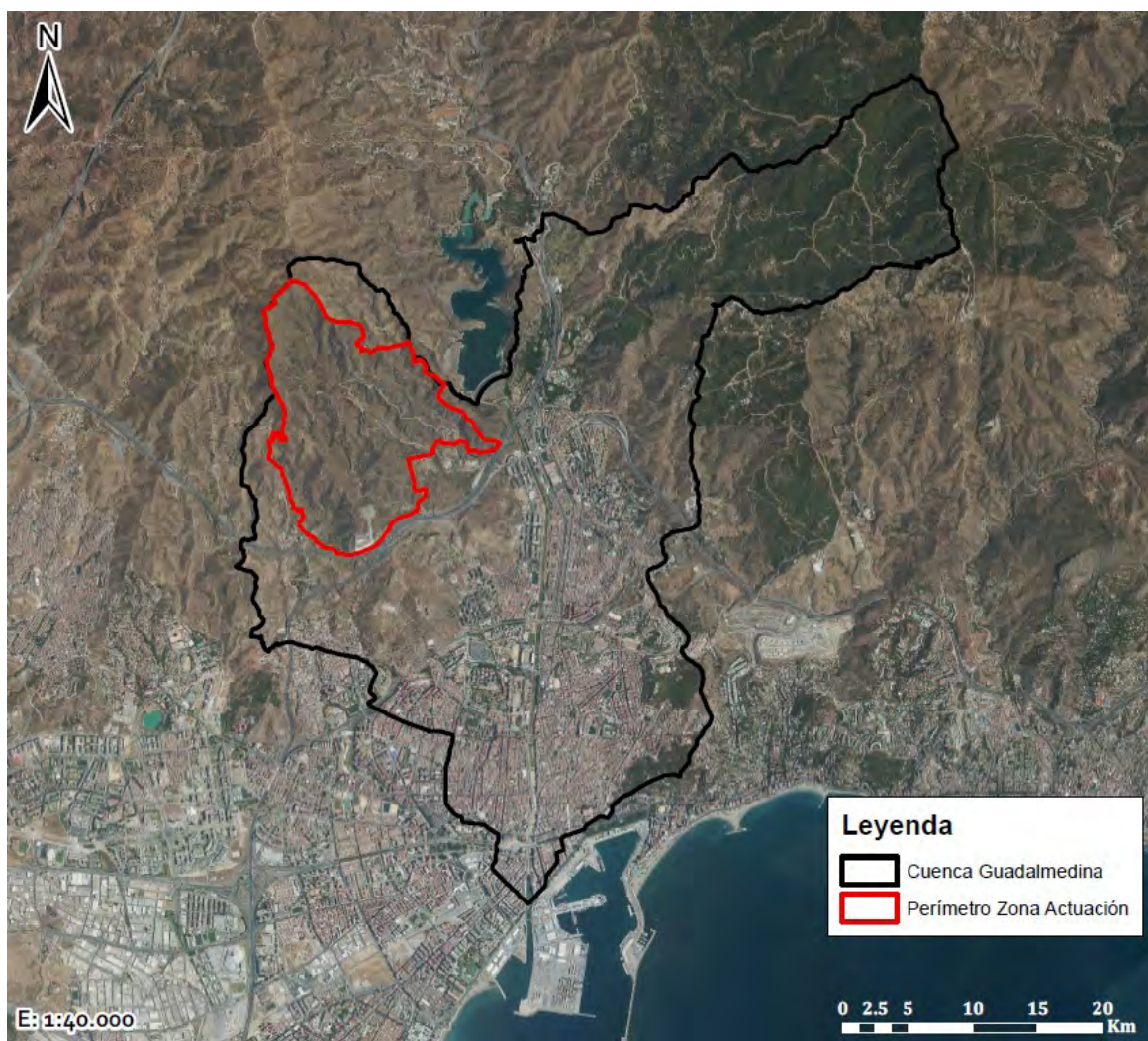


Figura 1. Plano general de la zona de actuación.

DESCRIPCIÓN DE ACTUACIONES

A continuación, se describen las actuaciones previstas en el Proyecto:

1. Mejora de caminos y senderos (fig. 2).
2. Tratamientos selvícolas y actuación sobre especies invasoras.
3. Repoblación forestal.
4. Obras de corrección hidrológica.
5. Mejoras para el uso público.

1. MEJORA DE CAMINOS Y SENDEROS

Camino Circular

Actualmente este tipo tiene una parte firme de aglomerado y otra de zahorra, en general en mal estado. Las actuaciones para realizar son:

Escarificación, refino y planeo con apertura de cunetas con motoniveladora. El firme se realizará con aglomerado en caliente de 6 cm de espesor y con una subbase granular de 15 cm., previamente se habrá realizado un riego de imprimación con emulsión bituminosa y para el acabado final del firme se realizará con la aplicación de arena de sellado en toda su superficie. La longitud total es de es de 4.800 m.

Caminos Principales

Estos cuentan con zahorra o terreno natural pero sus estados de conservación son muy variables. Las operaciones para realizar serán:

Mejora del plano de fundación de toda la longitud de estos caminos, realizando el refino y planeo con apertura de cunetas con motoniveladora. Incluirá igualmente la compactación y riego a humedad óptima del plano de fundación. Para la capa de rodadura se establecerán dos tipos de firme en función la pendiente de los caminos.

A). Pendientes inferiores al 12%. Sobre el plano de fundación se procederá a la construcción de capa granular de 15 cm de espesor, con zahorra. Será un total de 5.678,86 m.

B). Pendientes superiores al 12%. Sobre el plano de fundación se procederá a la construcción de pavimento de hormigón de 15 cm de espesor. Se armará la losa con acero en malla electrosoldada. Será un total de 15.147,97 ml.



Figura 2. Plano de caminos y senderos.

Camino Secundarios

A estos caminos, de menor anchura media (4 m) que los anteriores, se les realizará únicamente labores en el plano de fundación, no incorporando material granular ni otro tipo de firme estructural.

La preparación del plano de fundación consiste en el refino y planeo con apertura de cunetas con motoniveladora. Posteriormente se procede a la compactación y riego a humedad óptima. Longitud total de 1565 ml.

Senderos

Como complemento a la red de caminos principales, que podrán tener un uso mixto: vehículos motorizados, peatones, ecuestres, ciclistas etc., se establecerán rutas senderistas donde no haya circulación de vehículos a motor.

Estas rutas partirán de los 2 principales puntos de acceso de la zona de los trabajos o Parque Forestal Ciudad de Málaga: 1. Acceso por la Sociedad Protectora de Animales y Plantas de Málaga, y 2. Acceso por el Camino de los Arcabuceros.

Se establecerá una gran ruta circular que conecte ambos accesos, conformando un recorrido perimetral por toda la zona de actuación. Se construirán, además, un sendero central y otros de enlace que conecten este sendero perimetral con las áreas de uso público. Una parte de esta ruta circular se realizará mediante una nueva apertura mediante el desbroce correspondiente de la vegetación en una longitud de 5.025 m y otra parte del

sendero circular se ejecutará sobre dos de los caminos secundarios existentes, y que no han sido objeto de ningún tratamiento, siendo por tanto el firme el terreno natural, localizados justo en el límite norte de los terrenos de titularidad pública. Estos caminos discurren por la divisoria y cabecera de las subcuencas de los cauces de los arroyos tributarios de la margen derecha y tienen una longitud de 2690 m. En estos caminos se llevarán a cabo labores de mantenimiento, consistentes en el desbroce de la vegetación existente en su anchura disponible (estimada en 3 m) y el perfilado del plano de fundación o rasante (sin apertura de cunetas ni compactación). Estos senderos favorecerán las labores de repoblación y tratamientos selvícolas, pero concluidas las obras se instalarán 4 barreras de control que impidan el tráfico rodado por los mismos, facilitando así su uso peatonal.

Finalmente, el sendero central que atraviesa la zona a repoblar y conecta las áreas de uso público propuestas y también de nueva apertura mediante desbroce, tendrá una longitud de 1.890 m.

El desbroce y limpieza manual de sendas teniendo en cuenta que la vegetación herbácea y arbustiva tiene una densidad media, se realizará mediante desbrozadora. Se han proyectado las sendas de nueva apertura en su mayor medida siguiendo las curvas de nivel para que la pendiente longitudinal de los senderos no provoque rutas de gran dificultad, y su replanteo en el terreno no se aleje mucho de los caminos existentes. A pesar de ello se contempla la ejecución de obras de mamposterías en seco para formación de muretes en balates y aterramientos de hasta 50 cm de altura y formación de peldaños en tramos de mayor pendiente, estimando necesarias su ejecución en al menos un 10% de recorrido. La mampostería en seco prevista en esta partida guardará las características y estética típicas de los bancales de sujeción del terreno, al estilo de los antiguos bancales árabes.

2. TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS Y ACTUACIÓN SOBRE ESPECIES INVASORAS

Se han considerado distintos tipos de actuación atendiendo a las características de la vegetación existente actualmente. En cada una de estas zonas se llevarán a cabo diferentes

actuaciones que posibiliten el mejor estado vegetal de cada formación presente. Las zonas son las siguientes:

Zonas con arbolado disperso

Mosaico de pies arbóreos dispersos de distintas especies (algarrobos, almendros, encinas, olivos, etc.). La mayoría no poseen una conformación adecuada, presentando ramas secas y enfermas. Necesitan podas de saneamiento y formación (fig. 3). Se eliminarán mediante astillado los restos de podas que se encuentren en zonas que permitan el acceso de la astilladora, esto es, un 10% de los restos totales. Se astillarán 69,12 toneladas.

Rodales de repoblación

A través de los tratamientos selvícolas se implementarán medidas de manejo adaptativo, dosificando la competencia para dotar a la masa forestal de una mayor capacidad para resistir procesos de sequía e incrementos de temperatura.

El pinar realiza solo funciones protectoras pues en la actualidad su capacidad de acogida de diversidad biológica es baja. Se propone la realización de claras y clareos de tipo selectivo en todas las clases diamétricas, para dotar al monte de una espesura adecuada que estimule el desarrollo de copas y el crecimiento de la masa residual. Se procurará dejar sin eliminar algunos pies muertos de tal forma que sirvan de refugio para la fauna silvestre, así como los que contengan nidos de rapaces. Realizaremos también una roza selectiva consistente en la eliminación mediante corta, de la parte aérea del matorral no deseado en el monte.

El objeto es eliminar la competencia por los nutrientes, que el matorral ejerce sobre la repoblación o para la apertura de veredas y sendas para practicar actividades como senderismo o bien para disminuir la carga de combustible y reducir el riesgo de incendios.

Se trata de una actuación que respeta las especies de mayor rango ecológico y concentrando el desbroce sobre las especies colonizadoras más frugales. La eliminación de los restos generados en los clareos y podas se realizará mediante astillado con una cantidad de restos de 8-15 Tm/ha.

Como tratamiento selvícola incluiremos una actuación consistente en la limpieza y eliminación de especies exóticas invasoras.



Figura 3. Trabajos correspondientes a zonas con arbolado disperso.

Dentro de las exóticas, es necesario distinguir entre aquellas especies naturalizadas o culturales y las invasoras. Las especies culturales, son aquellas plantas alóctonas que se han adaptado a un medio y clima diferentes pero que no presentan ninguna amenaza ni problema para las especies locales. Algunos ejemplos son el olivo, el algarrobo, el almendro, la vid, el naranjo.

Las invasoras son las que al ser trasladadas a ecosistemas que no le son propios, tienden a comportarse de forma invasiva. Esta dinámica puede llegar a hacer desaparecer a otras especies y generar importantes impactos ecológicos. De hecho, la introducción de especies invasoras es considerada la segunda causa de pérdida de biodiversidad a nivel mundial según la UICN. Se caracterizan por:

- Carecen de enemigos naturales, pues estos sólo existen en sus ecosistemas naturales, por tanto, tienen una gran capacidad de adaptación, en especial en espacios degradados o alterados.

- Tienen un rápido crecimiento y altas tasas de reproducción, con semillas muy longevas.

- Algunas pueden producir sustancias para inhibir el crecimiento de otras especies.

- Llegan a otros territorios de la mano del hombre, bien de forma intencionada, con una finalidad agrícola, ganadera, comercial, jardinería, para la fijación de terrenos, etc., o bien, de forma accidental, las semillas, huevos o larvas, pueden viajar adheridas a pelo de animales, ropa, maquinaria agrícola, medios de transporte, etc.

Algunas especies invasoras que se pueden encontrar en esta zona son eucaliptos (*Eucalyptus spp.*), acacias (*Acacia sp.*) y ricino (*Ricinus communis*).

3. REPOBLACIÓN FORESTAL

Consistirá en esencia en la apertura de hoyos, plantaciones de diversas especies y portes, abonado de implantación, colocación de protectores, realización de binas, escardas y aporcados, riegos puntuales, aporcados y en la reposición de marras. Para la elección de especies se han tomado como base las Series de Vegetación de los Modelos de Restauración Forestal editados por la

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2004).

Como operaciones novedosas en este proyecto vamos a realizar una fertilización regulada y retardada, mediante cápsulas en las que van incluidas el NPK, así como los micronutrientes dando lugar a una liberación lenta de los mismos en función de la humedad y la temperatura, aplicándose en el hoyo justo en el momento de la plantación y como actuación complementaria se procederá al riego de las plantas colocadas en los bordes de los caminos procedentes de vivero en maceta. Las plantaciones las agruparemos en:

Repoblación en borde de caminos

Este tipo de actuación presenta un carácter más ornamental y se va a realizar, en una franja de hasta 25 metros de ancho en ambos márgenes de los caminos. Es una repoblación lineal con plantas de gran tamaño. Las zonas propuestas para la creación de miradores/zonas de descanso, con una pendiente inferior al 30%, también entran dentro de este modelo de repoblación. En total, se actuará en 94 ha.

La densidad de plantación tanto del arbolado como de las plantas arbustivas es de 25 plantas/ha

La pendiente media en estas superficies está entre el 30-50% y el terreno es pedregoso por lo que el ahoyado se llevará a cabo de forma mecanizada con retroaraña (fig. 4), realizando 25 hoyos/ha de 100x100x100 en el caso del arbolado. En el caso del matorral se realizará mediante la construcción de banquetas de 1 m² de superficie aproximada y 50 cm de profundidad con retroexcavadora a razón de 25 hoyos/ha.



Figura 4. Retroaraña, diseñada para repoblaciones en terrenos con pendientes superiores al 30%.

Las especies arbóreas elegidas son: pino carrasco (*Pinus halepensis*), olivo (*Olea europaea*), algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y encina (*Quercus rotundifolia*) dentro de las series de vegetación, así como plátano de sombra (*Platanus x hispanica*), piruétano (*Pyrus bourgaeana*), manzano (*Malus domestica*), laurel (*Laurus nobilis*), o ciprés de Cartagena (*Tetraclinis articulata*), fuera de las series (fig. 5).

Las especies de matorral elegidas son lentisco (*Pistacia lentiscus*), coscoja (*Quercus coccifera*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), espino negro (*Rhamnus oleoides*), palmito (*Chamaerops humilis*) dentro de las series de vegetación, así como madroño (*Arbutus unedo*), fuera de las series.

En este modelo de plantación se utilizarán 2.350 árboles y 2.350 arbustos en maceta.

Repoblación de laderas

Este modelo se corresponde con una repoblación clásica y se va a llevar a cabo en 203,54 ha, lo que supone casi un 60% de los terrenos objeto de actuación.

La densidad de plantación de arbolado es de 500 plantas/ha. Dado el mosaico de vegetación presente, la existencia de roquedos y taludes de piedra, así como evitar un impacto antrópico, no se establece un marco de plantación fijo, si bien se procurará que la separación entre planta y planta sea similar para cubrir homogéneamente toda la superficie repoblada.

La pendiente media de estas superficies es superior al 30% y el terreno es pedregoso por lo que el ahoyado se llevará a cabo de forma mecanizado con retroaraña, realizando 500 hoyos/ha de 60x60x60.

Las especies arbóreas elegidas son pino carrasco (*Pinus halepensis*), olivo (*Olea europaea*), algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y encina (*Quercus rotundifolia*), dentro de las series de vegetación. Fuera de las series introducirémos ciprés de Cartagena (*Tetraclinis articulata*).

En este modelo de plantación se utilizarán 101.770 plantas de 1-2 savias, en bandeja forestal (fig. 6).

Intensificación y densificación del olivar

La actuación propuesta en esta superficie se basa en el enriquecimiento mediante densificación del olivar presente en los terrenos



Figura 5. Plantación en borde de camino con acebuche y algarrobo.

objeto de actuación y que se extienden por un total de 25,54 ha.

La densidad de plantación de arbolado es de 50 plantas/ha. No se establece un marco de plantación fijo ya que la totalidad de la superficie está ocupada por un olivar en estado de semiabandono, por lo que las plantas se distribuirán entre los huecos de los pies de olivo de forma que se intente cubrir de forma homogénea toda la superficie repoblada y se tienda a naturalizar la masa existente.



Figura 6. Repoblación con plantas de dos savias.

La pendiente media de estas superficies está entre 30-50% y el terreno es pedregoso por lo que el ahoyado del arbolado se llevará

a cabo de forma mecanizada con retroaraña, realizando 50 hoyos/ha de 60x60x60 mientras que el ahoyado para el matorral se realizará de forma manual realizando 50 hoyos/ha de 60x60x60.

Las especies arbóreas elegidas son pino carrasco (*Pinus halepensis*), algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y encina (*Quercus rotundifolia*), dentro de las series de vegetación.

Las especies de matorral elegidas son lentisco (*Pistacia lentiscus*), coscoja (*Quercus coccifera*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), espino negro (*Rhamnus oleoides*) y palmito (*Chamaerops humilis*) dentro de las series de vegetación, así como madroño (*Arbutus unedo*), fuera de las series.

Se colocarán un total de 1.277 árboles de 1-2 savias y 1.277 arbustos en maceta.

Vegetación ripícola

Este tipo de actuación se va a llevar a cabo, en las márgenes de los cauces de los arroyos principales que discurren por los terrenos objeto de actuación. Para ello, se llevará a cabo una repoblación lineal con varetones de especies de ribera, en una franja de hasta 5 metros de ancho en ambos márgenes de los cauces, actuando en una superficie de 8,54 ha.

La densidad de plantación de arbolado es de 250 plantas/ha. No se establece un marco de plantación fijo ya que hay un mosaico de vegetación en estas superficies por el mayor grado de humedad y la cercanía del nivel freático, por lo que las plantas se distribuirán de forma homogénea por toda la superficie.

La densidad de plantación de plantas arbustivas es de 50 uds./ha. La pendiente media de estas superficies es inferior al 50% y, con objeto de limitar el impacto sobre los cauces, el ahoyado se va a realizar de forma manual tanto para el arbolado con 250 hoyos/ha de 60x60x60 como para las especies arbustivas con 50 hoyos/ha de 60x60x60.

Las especies arbóreas elegidas son chopo blanco (*Populus alba*) y sauces (*Salix atrocinerea*, *S. pedicellata*), dentro de las series de vegetación y almez (*Celtis australis*), fuera de ellas.

Las especies de matorral elegidas son formas arbustivas de tarajes (*Tamarix gallica*, también *Tamarix africana*, *Tamarix canariensis* o *Tamarix parviflora*) fuera de las series, pero con una buena adaptación a este tipo de terrenos.

4. OBRAS DE CORRECCIÓN HIDROLÓGICA

Estas estructuras están orientadas a la regulación y control, total o parcial, de los efectos que, la dinámica de los caudales sólidos que circulan por los cauces a corregir produce, en forma de procesos de erosión, transporte y sedimentación de los materiales que lo forman.

Se construirán diques de mampostería hidráulica y albarradas de mampostería gavionada. Los primeros en:

- Arroyo Pescadores con un dique.
- Arroyo de Mendelín con tres diques (fig. 7).

Complementariamente también se llevará a cabo la ejecución de pequeñas hidrotecnias o albarradas en ramales secundarios de estos cauces que tienen especial incidencia en la red de caminos rurales-forestales para minimizar los desperfectos por erosión y arrastres en los mismos, en los episodios torrenciales. Se harán en número de diez.



Figura 7. Arroyo Mendelín ya repoblado en parte de su margen derecha en el proyecto de restauración de 2001.

Diques

Los diques proyectados son de gravedad, perfil trapezoidal y con el paramento aguas arriba vertical. Los materiales empleados serán mampostería careada y hormigón ciclópeo para los cuerpos y cimientos (fig. 8).

Las cimentaciones profundizarán hasta el encuentro de materiales consistentes por debajo de los materiales de arrastre y superficiales de los lechos de los cauces. Los empotramientos laterales se realizarán con la profundidad suficiente para evitar descalces en las laderas que comprometan la estabilidad de las estructuras. Se empotrarán tanto el cuerpo del dique, como los cimientos y los hombrillos de la cubeta.

El fluir del agua tras su paso por el vertedero puede producir a pie del dique socavaciones que pongan en peligro la estabilidad de la obra. Para ello se han propuesto estructuras a pie de dique, con las que se pretende cumplir las funciones de regulación hidrodinámica del caudal aguas abajo y la minimizar la erosión, consisten en un cuenco amortiguador y disipador de energía entre muros cajeros de salida. En el dique se colocarán mechinales compuestos por tubos de 90 mm de diámetro, colocados con una pendiente del 3% entre las aberturas en el paramento aguas arriba y el paramento aguas abajo. Éstos aumentarán la capacidad de desagüe y actuarán como drenajes una vez la obra está completamente aterrada, aminorando por tanto los empujes hidrostáticos y encharcamientos.

Albarradas

Para las albarradas se van a proyectar muros de mampostería gavionada. La elección de este tipo de muros, frente a muros de gravedad de mampostería, se basa en la mayor flexibilidad constructiva y porque al tratarse elementos de menor volumen y peso, y por la movilidad de los taludes a estabilizar por presencia de terrenos menos consistentes. Este tipo de muros aguanta cierta movilidad del talud sin perder su resistencia inicial, no así los muros de gravedad en mampostería.

Las cimentaciones se realizarán en el mismo material gavionado y profundizarán 1 metro hacia el encuentro de materiales consistentes por debajo de los materiales de arrastre y superficiales de los lechos de

los cauces. Los empotramientos laterales se realizarán con la profundidad suficiente para evitar descalces en las laderas que comprometan la estabilidad de las estructuras. Se empotrarán tanto el cuerpo del dique, como los cimientos y los hombros del vertedero. La permeabilidad de este tipo de material constructivo hace innecesaria la instalación de mechinales.

5. MEJORAS PARA EL USO PÚBLICO

Para culminar la adecuación para la interacción ciudadana de los senderos peatonales, se propone la colocación de bancos de madera rústicos y señalización informativa y temática a lo largo de los mismos.

Áreas de descanso y miradores

En la elección de los emplazamientos donde se ubicarán las áreas de descanso/miradores se han seleccionado dos emplazamientos con características comunes:

- Están dentro del modelo de repoblación I: repoblación en borde de caminos, lo que facilitará la creación de un pequeño arboreto en cada uno de ellos debido a la diversidad de especies y el tamaño de la planta.

- Se ubican en lugares que de forma natural son miradores, tanto por su altitud como por la visión del paisaje de los alrededores. La visión panorámica está garantizada.

- La accesibilidad a los mismos es cómoda y segura, tanto para peatones, ciclistas o vehículos diversos.

- Emplazamientos seguros, con vallas de protección.

- Son lugares donde se va a colocar cartelería informativa y temática sobre las actuaciones que se están realizando en este futuro parque forestal.



Figura 8. Dique de mampostería hidráulica.