

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS DE REGENERACIÓN VEGETAL EN EL TRAMO “PUENTE LAS DOBLAS - PUENTE PILAS-AZNALCÁZAR” DEL CORREDOR VERDE DEL GUADIAMAR.

ALBERTO RESINO

(Ingeniero Técnico Forestal,
AUDECA S.L., C/ Saturno, 1 Pozuelo de Alarcón, 28.224 Madrid)

RESUMEN

Tras la rotura de la balsa de residuos mineros de las Minas de Aznalcóllar (Sevilla) y el vertido de materiales tóxicos en 1998, se procedió a la recuperación natural de las zonas afectadas. Los trabajos de repoblación forestal se acometieron en 1999. Su diseño entraña una gran complejidad de ejecución. En el presente trabajo se explica brevemente cómo se ejecutaron los trabajos proyectados, atendiendo a las dificultades técnicas que se plantearon y las soluciones aportadas. Se presenta como conclusión que el éxito conseguido en la ejecución del proyecto se ha debido a la segregación del trabajo en tareas básicas, diferenciadas e independientes durante la ejecución y sistematizadas en rutinas de trabajo, aunque coordinadas en su conjunto.

P.C.: Corredor Verde, repoblación, modelos de vegetación, diseño.

SUMMARY

After the break of the of the Mines of Aznalcóllar (Seville) and the one poured of toxic materials in 1998, the Andalusian Government proceeded to the natural recovery of the affected areas. The reforestation works were attacked in 1999. Their design involves a great execution complexity. In the present work it is shortly explained how the projected works were executed, assisting to the technical troubles and the adopted solutions. At the end it is exposed that the success in the execution of the project was up to the discrimination of the work in differed basic tasks during the execution that different teams do systematically by mean of work routines.

K.W.: green corridor, reforestation, vegetal models, design.

INTRODUCCIÓN: (diapositiva 1)

En la madrugada del 25 de abril de 1998 tuvo lugar la rotura de la balsa de residuos mineros de las Minas de Aznalcóllar (Sevilla). Como consecuencia se produjo el vertido de aguas contaminadas y lodos al río Agrijo y de éste al Guadiamar, afluente del Guadalquivir e importante aporte de agua para Doñana. Una vez controlada la emergencia, el Gobierno Andaluz aprobó las Bases del Plan de Actuaciones, a partir de las cuales se redactó el *Proyecto Básico de regeneración y adecuación para el uso público del denominado Corredor Verde del Guadiamar*.

En septiembre de 1999 le fueron adjudicados a AUDECA S.L. mediante concurso público dos de los tramos de regeneración del Corredor Verde.

MÉTODO:

DISEÑO DE LA REPOBLACIÓN:

Las actuaciones previstas en ambos proyectos afectan a un total de 705´853 Ha de los términos municipales de Sanlúcar la Mayor, Benacazón, Huévar y Aznalcázar (*fig 1*). Lo que supone una longitud aproximada del cauce de 14 km con una anchura media de 500 m.

Las actuaciones contempladas son la retirada de tierras contaminadas, cortas sanitarias y eliminación de restos en los pies existentes y repoblación. Nos centraremos en esta

comunicación en la descripción de los trabajos de reforestación, las dificultades técnicas que se encontraron y las soluciones adoptadas.

Conforme al proyecto se pretende crear “un bosque de galería que discurrirá a lo largo de todo el cauce, una zona de vegetación arbórea y arbustiva, constituida por especies autóctonas adaptadas a las condiciones de suelo y clima en los terrenos adyacentes al cauce”, diferenciando transversalmente diversos modelos de vegetación. Con este propósito se decidió la densidad de plantación y distribución de la misma para “reproducir los ecosistemas fielmente” realizando las plantaciones “de forma irregular, por bosquetes, entremezclándose de forma aleatoria”. Así se definieron varios modelos de vegetación en función de las condiciones de inundación según la posición relativa respecto a la capa freática: ribera ordinaria, ribera extraordinaria, bosque mediterráneo, área de interés ecológico. Cada uno de estos tres primeros modelos se dividieron a su vez en modelo especial y modelo convencional, siendo la diferencia que el especial contiene un 10% de plantas de gran porte (mayores de 3 m de alto, bien escayolados, bien a raíz desnuda o en macetas). Cada modelo tiene una densidad de plantación y composición específica diferentes (en total se utilizan 30 especies distintas). De esta forma quedan definidos 7 modelos de vegetación distintos que sobre el terreno presentan una unión íntima e irregular, pues al estar definidas en función de su cota se distribuyen alternando rodales. También define el proyecto el marco de plantación para cada especie, variando éste según se ubique en uno u otro modelo.

Las labores de preparación del suelo son: subsolado ondulado con tres ripper y hasta 50 cm y ahoyado 60*60*60 cm, ahoyado 100*100*100 cm.

Tras la plantación, se presupuestó un riego de instalación y posteriormente la ejecución de binas, escardas y aporcados.

DIFICULTADES TÉCNICAS DURANTE LA EJECUCIÓN

Con el subsolado ondulado (diapositiva 2) se persigue evitar la linealidad de la plantación, evitando impactos visuales no deseados, y acercando la distribución espacial a lo que podría ser una distribución aleatoria de la vegetación, siendo mayor su eficacia en este sentido, cuanto mayor sea la curvatura de las ondas subsoladas. Al comenzar a subsolar se comprobó que no se podía conseguir la curvatura deseada manteniendo la equidistancia de las besanas, ya que el rejón interior tiene distinto radio de curvatura que el exterior, y éstos se alternan según el sentido de giro de manera que los pretendidos subsolados paralelos no son tales, sino que las curvas se abren paulatinamente conforme se trazan, siendo necesaria la ejecución de “hijas” o líneas intermedias de subsolado para laborear el total de la superficie. De esta forma se confirmó que la única forma de conseguir el subsolado ondulado de forma eficaz era utilizar un solo subsolador e instalar al tractor señaleros (diapositiva 3) que le permitieran mantener la equidistancia. Se debía evitar además el choque contra los numerosos obstáculos (árboles, pozos y demás estructuras) que se hallaban en la zona, y cuyo extremo fuera lo suficientemente flexible para adaptarse a las irregularidades del terreno. Finalmente se instalaron unos brazos metálicos, abatibles hidráulicamente, en cuyo extremo pende una gruesa cadena que arrastra en el suelo. Además, se consideró que con las elevadas densidades de plantación (hasta 805 plantas/Ha) y sin calles para que circularan tractor y cuba en el riego, se malograrían muchas plantas por aplastamiento. También se constató el rápido crecimiento de las malas hierbas y la necesidad futura de desbroces mecanizados tanto previos a la repoblación como para el mantenimiento de la misma. Finalmente se subsoló con un solo ripper central, a profundidad mayor de 50 cm, ayudado de señaleros para mantener una equidistancia de 2.5 m que permitiera, haciendo la plantación en el surco, la mecanización de los desbroces y previamente de los riegos. Además se dotó al rejón de orejeras (diapositiva 4) que abren un profundo surco de unos 30 cm de ancho, con el que se consiguen varios efectos (diapositiva 5):

- la proliferación de malas hierbas es menor y más tardía, ya que al desplazar la tierra lateralmente fuera del surco en el cual se plantará, se desplazan las semillas, estolones y demás propágulos que hubiera.
- consecuencia inmediata de lo anterior es la disminución de la competencia interespecífica y el retraso de la ejecución de las binas y escardas, con lo que

su efectividad será mas prolongada

- la profusión y desarrollo de las malas hierbas, junto con la complicada distribución de las plantas, dificultan la localización de las mismas para realizar las binas y escardas así como para realizar los gradeos con cierta seguridad de mantenerse en las entrecalles y no invadir la línea de plantación. Con el marquilleo conseguimos ver con facilidad la alineación de la plantación, y sólo se ha de seguir el surco buscando la planta para realizar estas labores.
- Se facilita la realización de alcorques

Más adelante se demostró insuficiente el ancho de calle de 2.5 m y hubo de ampliarse a 3.5 m para permitir el eficaz control de las malas hierbas.

REPLANTEO DE LOS MODELOS DE VEGETACIÓN:

Una vez preparado el suelo debemos replantar los modelos de vegetación de forma claramente identificable y ubicar cada una de las plantas en su lugar. Recordemos que cada especie vegetal tiene un marco según el modelo en el que se encuentre. Con la modificación del subsolado quedaba redefinido el marco, ya que se mantiene la densidad de plantación y las calles (y consecuentemente las plantas) se separan 2.5 m. También se consideró que para la correcta distribución de cada una de las plantas y para el cumplimiento de plazos convenía la creación de rutinas de trabajo y la especialización de los trabajadores en las distintas labores. De esta forma, se secuencia una hectárea tipo para cada modelo de vegetación en ocho parcelas (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4). Así se dibuja sobre el plano una retícula con celdas cuadradas de 25 m de lado, orientadas las filas en dirección este oeste. Se alternan filas A y filas B, y en cada fila la sucesión es siempre la misma, 1,2,3,4, pero en cambio en las columnas no se sigue secuencia alguna. Así esta forma se crean rutinas de trabajo en las filas mientras que las columnas mantienen la arbitrariedad de la distribución. Una vez conseguida sobre el papel la distribución que se pretendía, queda plasmarla en el campo.

El hándicap es ahora lograr representar setenta y dos parcelas distintas (nueve modelos con ocho parcelas cada uno) que se repiten con cierta aleatoriedad en una superficie completamente llana, (lo que nos elimina la perspectiva aérea) y sin apenas referencias y hacerlo de forma rápida, económica y precisa. Indudablemente trabajar en varios modelos de vegetación simultáneamente nos llevaría fácilmente a error, así que se decidió plantar primero uno de los modelos y continuar con el siguiente, abandonando así el propósito original de acometer la obra linealmente. El replanteo de los modelos no fue difícil pues se hallan perfectamente definidas sus coordenadas geográficas y se hizo con ayuda de un GPS, estaquillando sus vértices. La retícula interna de cada modelo se replanteó a partir de líneas maestras y visuales sobre los puntos definidos con precisión con el GPS. Para identificar cada parcela de 25*25 m, se utilizaron nuevamente estacas. La pauta fue que cada parcela se identificaba con su estaca inferior izquierda ([diapositiva 6](#)) una vez que estábamos mirando hacia el norte, y cada una de las ocho posibles parcelas para cada modelo se identificaba según un código de cuatro colores y una cinta roja y blanca de la habitual en las obras (*fig. 2*). En la *figura 3* se muestran la composición de las parcelas A2 y B2 del modelo Bosque Mediterráneo.

DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA:

Por último queda la distribución de las especies dentro de la parcela. Cada parcela puede tener hasta 12 especies distintas, además de siete tipos de plantas en cuanto a su presentación y tamaño: en envase de 300-399 cc, en maceta de 20-40 cm de embocadura, en maceta de 40-75 cm de embocadura, en bolsa pequeña, planta a raíz desnuda pequeña, planta a raíz desnuda de hasta 5 m, planta escayolada. Toda esta variación se redujo considerando los distintos manejos que tendría cada planta según su forma de plantación y su transporte. Los árboles escayolados las macetas grandes y los árboles a raíz desnuda de 5 m se transportarían en camión con pluma y se plantarían en hoyos mecanizados de 100*100*100, mientras que el resto se transportarían en todoterreno y furgoneta y se plantarían en hoyos manuales pequeños. Ya hemos conseguido reducir la diversidad a un máximo de 17 tipos vegetales (considerando

como tipo una especie y sistema de plantación y transporte diferenciados). (fig. 4). Finalmente, para la distribución de los bosquetes dentro de cada parcela se trabajó de la siguiente forma:

Sobre el terreno (diapositiva 7) lo que encontramos son cuatro estacas que limitan la parcela (en la que es evidente el marquilleo) y en una de ellas las bandejas con la planta necesaria. El operario traza una visual en la diagonal de la parcela, con lo que mentalmente queda ésta dividida en dos triángulos. A continuación comienza a plantar en uno de ellos por uno de los ángulos agudos del mismo, a la distancia definida (distinta según se trate de árboles o arbustos y matorral), de forma que al comenzar por la parte más pequeña del triángulo, cuando acabe con la primera especie vegetal habrá conseguido el primer bosquete. Continuamos procediendo de la misma manera hasta terminar de distribuir el total de la planta de esta parcela. En caso de la existencia de árboles de gran porte, estos se plantan lo más cerca posible de la diagonal de la parcela, siempre agrupados en bosquetes, claro está.

Pero como hemos visto, para poder realizar la distribución de esta manera ha sido necesaria la clasificación previa de bandejas y la recolocación en las mismas de la planta correspondiente a cada una de ellas. Esta labor se realiza en los viveros volantes (hasta un total de cuatro) repartidos a lo largo de la obra, y perfectamente acondicionados con riegos y sombra.

La repoblación ha requerido pues la creación y adiestramiento y coordinación de equipos independientes especializados en una sola tarea, que ejecutan una rutina de trabajo:

- Marquilleo: tractores con subsolador con orejeras y señaleros (diapositiva 8)
- Replanteo: equipo técnico con gps para los modelos de vegetación y operarios para la retícula de parcelas
- Transporte de planta grande: camión con pluma (diapositiva 9)
- Transporte de planta mediana y pequeña: todoterrenos y furgoneta (diapositiva 10)
- Aviveramiento y clasificación de bandejas (diapositiva 11)
- Distribución de bandejas en las parcelas: todoterrenos
- Distribución de plantas en las parcelas: operarios para la planta pequeña y mediana y operarios con retro mixta para la grande.
- Plantación: operarios para la planta pequeña y mediana y operarios con retro mixta para la grande. (diapositiva 12)
- Riegos: tractor con cuba y dos operarios en cada unidad de riego (diapositiva 13)

Cuando se acometieron los riegos, quedó de manifiesto la necesidad de ejecutar alcorques, pues de otra forma la pérdida por escorrentía del agua aportada era considerable.

RESULTADOS:

Observando la eficacia de la recuperación del suelo tras el vertido de los lodos tóxicos y medidas correctoras tomadas al respecto, se comprobó cómo el suelo es apto para el eficaz desarrollo de la vegetación (crecimiento espectacular de herbáceas) con lo que se decide dirigir los esfuerzos hacia el control de la competencia de las malas hierbas. Esta nueva realidad, junto con lo ya expuesto anteriormente condujo a la redacción de un proyecto modificado en julio de 2000 que contemplara las nuevas necesidades, someramente descritas en los párrafos anteriores, y cuyos aspectos más relevantes se sintetizan a continuación:

- Facilitar la mecanización de los trabajos de mantenimiento (desbroces y riegos de planta grande) mediante la ejecución de calles de 3.5 m de ancho
- Reducción de las densidades de plantación, obligados por la necesidad de las calles de 3.5 m, respetando la composición por especies, salvo aquellas que se han comprobado inadecuadas (*Rubus ulmifolius*)
- Eliminar las plantas de tamaño mediano, ya que tienen problemas de adaptación (excepto el *Tamarix africana*)
- Incremento del riego en la planta grande para asegurar su supervivencia (cada 10-15

días en época estival)

- Desbroces previos y posteriores a la repoblación así como realización de nuevas binas, escardas y aporcados, debido al crecimiento intenso y recurrente no previsto de competencia herbácea
- Realización de alcorques
- Rehecho de bandejas para la eficaz distribución de la planta.

CONCLUSIONES

Ante la necesidad de ejecutar modelos complejos de repoblación, con el condicionante de la premura en el tiempo que imponen las condiciones climatológicas (en éste caso por escasez de precipitaciones, la posibilidad de inundaciones de las zonas de trabajo, y la brevedad de la parada vegetativa invernal) se ha demostrado que la utilización de numerosos medio humanos y materiales concentrados tanto en el tiempo como en el espacio es necesaria. Para ejecutar con éxito estos trabajos hemos necesitado de un intenso trabajo de gabinete para abstraer la organización de los modelos y trabajos proyectados y una atenta labor de campo en la que plasmar lo racionalizado sobre el papel en el medio físico con la precisión requerida. Se ha revelado como imprescindible la separación del trabajo en labores básicas, que se ejecutan encadenadamente, independientes pero muy coordinadas. De esta forma, con el adiestramiento previo de los diversos equipos se sistematizaron las distintas operaciones y se crearon rutinas de trabajos que permitieron un eficaz control tanto de calidad en la ejecución como de economía en los esfuerzos invertidos.

	S. total Ha	Mod. convencional Ha	Mod. especial Ha
Ribera Ordinaria	226.558	168.842	57.716
Ribera extraordinaria	222.606	184.121	38.485
Bosque mediterráneo	123.189	89.590	33.599
Area int. Ecológico	30.639		30.639
Llanura de inundación	1.077		
Enclave fincas	41.040		
Otros sin actuación	60.744		
Total	705.853	442.553	160.439
		602.992	

FIG.1- SUPERFICIES DE ACTUACIÓN

	Sin cinta	Con cinta
Rojo	A1	B1
Blanco	A2	B2
Amarillo	A3	B3
Verde	A4	B4

FIG.2- CODIFICACIÓN DE PARCELAS

	SP.		Total
GR	1		
jaguarzo	PQ	22	
	GR	3	
labiérnago	PQ	33	
	GR	3	
lentisco	PQ	17	

	SP.		Total
GR	2		
acebuche	PQ	1	
	GR	3	
retama	PQ	33	
	GR	4	
romero	PQ	22	

	GR	1
Total PQ		89
Total GR		8

	GR	3
Total PQ		89
Total GR		12

FIG.3- PARCELAS A2 Y B2 DEL MOD. BOSQUE MEDITERRÁNEO