Seguimiento de la restauración con cardonal-tabaibal de la zona de compensación de la vía rápida de La Aldea

Jorge Naranjo Borges. Dr. Ingeniero de Montes.
Consejería de Política Territorial, Sostenibilidad y Seguridad. Gobierno de Canarias.

INTRODUCCIÓN

La propuesta de la mejora viaria entre Agaete y La Aldea por parte de la Consejería competente en materia de infraestructura viaria del Gobierno de Canarias consistió en proyectar una vía rápida entre ambas localidades. Las vías rápidas vienen definidas en el artículo 1.6 de la *Ley 9/1991 de Carreteras de Canarias* como aquellas carreteras que reúnen las mismas características de las autovías, pero con una sola calzada.

La nueva vía rápida atraviesa el Parque Natural de Tamadaba por la franja costera, zona de hábitat potencial de cardonal-tabaibal, el cual puede definirse como un hábitat forestal desarbolado formado por plantas suculentas adaptadas a un clima semiárido. La característica fundamental de las especies que forman esta comunidad es su adaptación a las condiciones ambientales de escasas precipitaciones, elevadas temperaturas y alta insolación. Las especies más características son el cardón canario (*Euphorbia canariensis*) y las tabaibas (*Euphorbia balsamifera* y *Euphorbia regis-jubae*). Junto a esas especies principales aparece un cortejo de plantas entre las que figuran el verode (*Kleinia neriifolia*), el cornical (*Periploca laevigata*), el tasaigo (*Rubia fruticosa*), el cardoncillo (*Ceropegia fusca*), el balo (*Plocama pendula*) o la leña buena (*Neochamaelea pulverulenta*). En general, las especies que forman parte de esta comunidad muestran diversos caracteres morfológicos y fisiológicos derivados de su adaptación a largos períodos de sequía: tallos gruesos ricos en agua, transformación de hojas en espinas, carencia de hojas o pérdida de ellas durante la estación estival o recubrimiento de la superficie con ceras o pelos.

Tamadaba es además de Parque Natural y parte de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria, Zona Especial de Conservación (ZEC 49_GC). Tamadaba es por tanto parte integrante de la Red Natura 2000 en Canarias según el *Decreto 174/2009*, siendo uno de los hábitats que motivan la declaración el cardonal-tabaibal (5330 Matorrales termomediterráneos y preestépicos).

La construcción de nuevas carreteras va asociada en nuestros tiempos a la ejecución de medidas de restauración en su entorno. En mucho de los casos la restauración incluye la plantación o repoblación forestal, entendiéndose dicha restauración no solo como mero hecho de adecentamiento o simple mejora del paisaje, sino también como medida de conservación y mantenimiento de la propia carretera. Debemos de distinguir entre medidas compensatorias y medidas correctoras.

Las medidas compensatorias por un lado, tal y como su nombre indica, tratan de compensar la pérdida inevitable que lleva consigo la construcción de la infraestructura viaria. En el caso de la construcción de la nueva carretera GC-2 Tramo La Aldea-El Risco, el asfaltado de la propia carretera a través del Parque Natural de Tamadaba impide la regeneración natural del cardonal-tabaibal. Si bien el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Tamadaba daba también la posibilidad de aumentar el Parque Natural como medida compensatoria, se optó definitivamente por la

restauración del hábitat del cardonal-tabaibal en el interior del espacio protegido a través de una repoblación forestal (apartado M Apéndice de condicionantes de la Declaración de Impacto Ecológico del Proyecto de Trazado de Nueva Carretera GC-2) y en la proporción de 1 a 1. Es decir, se repoblaría tanta superficie con cardonal-tabaibal como superficie resultara "invadida o destruida" por la carretera. Se ha de matizar que la superficie de carretera bajo túneles no computa, pues en ella nunca podría haber existido un hábitat. Se consideró oportuno por parte del Plan Rector de Uso y Gestión delimitar un gran polígono de repoblación en el área de Lomo Cambado y Llano del Morrete del Cura en el Barranco del Furel que ayudara a mejorar sustancialmente este hábitat dentro del parque natural. La repoblación se llevaría a cabo íntegramente en terrenos de propiedad del Cabildo de Gran Canaria y paralelamente a la ejecución de la obra viaria.

Es a principios de 2008 en el Anejo nº18 del Proyecto de Construcción denominado Ordenación Ecológica, Estética y Paisajística cuando al fin aparecen reflejados el polígono de repoblación en Lomo Cambado y Llano del Morrete del Cura, así como el presupuesto de la obra. Se establece una zona de 228.000 m^2 para la plantación de especies arbustivas a base de cardones, tabaibas dulces y magarzas (*Argyranthemum frutescens*), en la proporción de 45%, 45% y 10% respectivamente, y un presupuesto de 58.174,20 € de ejecución material, presupuesto que permaneció invariable durante la construcción de la carretera.

Las medidas correctoras por otro lado, tratan de corregir el impacto que provoca la carretera en su entorno más inmediato. Por lo tanto, se adoptan generalmente medidas en los desmontes, terraplenes, emboquilles de túneles, pistas auxiliares y en glorietas, rotondas o enlaces. Una vez más entre las medidas correctoras destaca la plantación con especies vegetales.

Para la plantación de las distintas especies como medidas correctoras en el Proyecto Modificado 1A se contó con 112.329,25 Euros, algo menos de con lo que se contaba en el proyecto original, si bien en el proyecto modificado se incorporó una partida de 380.863,03 euros destinada al suministro y extendido de tierra vegetal sobre terraplenes, con un espesor de 20 cm.

REPOBLACIÓN EN ZONA DE COMPENSACIÓN

La zona de actuación se encuentra en la finca denominada Cortijo de Tirma, propiedad del Cabildo de Gran Canaria tal y como arriba se menciona. Se trata de una ladera orientada al sur, entre las cotas 245 – 375 m.s.n.m. La ladera se encuentra surcada por varios barranquillos subsidiarios del Barranco del Furel.

El suelo que mayoritariamente se observa en la zona de compensación es de tipo vertisol. Los vertisoles son suelos de textura arcillosa que se caracterizan por presentar cierta potencia de suelo (30-40 cm en la zona de actuación), poca materia orgánica y elevada pedregosidad. A pesar de la pedregosidad, el suelo está cubierto por matorral de sustitución. Son abundantes especies vegetales como la aulaga (*Launaea arborescens*), la tabaiba amarga (*Euphorbia regis-jubae*) y distintas herbáceas (*Aristida, Hyparrhenia, Avena sp*.). En los barranquillos y su entorno se

concentra mayor biodiversidad vegetal y es posible encontrar cardones, tabaibas dulces, espinos de mar, tasaigos, verodes e incluso algún cardoncillo.

Los datos climáticos obtenidos de la Estación Meteorológica de La Aldea de San Nicolás indican una temperatura media anual de 20,3ºC. Destacan las temperaturas medias máximas por encima de los 33ºC durante los meses de julio a octubre. Las precipitaciones son muy reducidas, situándose en 177 mm de media anual. Las escasas lluvias se concentran especialmente durante los meses de otoño e invierno. No obstante se observa una irregularidad en las precipitaciones no solo mensual, sino también anual. A las condiciones de extrema sequía hay que unir la presencia regular de viento en la zona.

Basándose en el acuerdo alcanzado a través del Anejo del Proyecto de Construcción se llevó a cabo en 2011 el replanteo de la zona escogida y se elaboró una Memoria técnica que delimita los polígonos de plantación por especies. Las plantas procedieron de viveros registrados y autorizados para el cultivo de planta autóctona, tanto de vivero público (Vivero forestal del Cabildo de Gran Canaria) como de privados (Ayagaures Medioambiente, Sataute Viveros y Viveros Jocama). La procedencia del material vegetal de Gran Canaria fue garantizada.

Las condiciones de extrema aridez de la zona justifican el riego. Así en la Memoria técnica se recoge un riego de asentamiento para todas las especies. El primer año de plantación de tabaibas y cardones también se podrá dar un riego de apoyo a estas especies. En el caso de las magarzas y especies afines, a parte del riego de asentamiento se podrán realizar tres riegos más de mantenimiento, espaciándolos en función de las precipitaciones. La dosis de riego previsto fue de 5 litros/planta según la Memoria técnica.

La repoblación forestal como medida compensatoria comenzó en el invierno 2011/12 tras insistir ante el departamento de Obras Públicas de la imposibilidad de ejecutar una repoblación en un solo año al final de la construcción de la carretera. Tras esta primera plantación, la ejecución de la obra de la vía rápida se ralentizó por motivos económicos al igual que la plantación durante los siguientes cuatro inviernos (2011/12 hasta 2014/15). Si bien durante esos cuatro inviernos se plantaron cerca de 600 ejemplares (7%), la experiencia sirvió para acometer las plantaciones futuras con mayor conocimiento sobre la adaptación de las especies a la zona. La repoblación se retomó con fuerza a partir del invierno 2015/16, plantando el 84% de la repoblación en dos inviernos. Al abrir la vía al tráfico, tras el período 2016/17 se llegó por tanto al 91% del total de la repoblación obligatoria.

El proyecto inicial parte de la plantación de tabaiba dulce y cardón a partes iguales (45%) y de un 10% de otras especies (margarita, verode, cornical) en vaguadas. Este porcentaje tuvo que variar tras la falta de cardón en los viveros y la necesidad de repoblar lo máximo posible. Al existir más tabaiba dulce en vivero se optó por cambiar los polígonos 1 y 2 de cardón a tabaiba dulce. También este cambio pudo ser justificado ante los servicios de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias por tratarse de un lomo con un hábitat más apropiado para la tabaiba dulce.

De esta manera al abrirse la carretera al tráfico se había repoblado el 100% de las especies de vaguadas y el 100% de tabaiba dulce, quedando pendiente de plantar aún

un 22% del total de cardones (ver Tabla en Anexo). Hasta verano de 2017 se plantaron poco más de 7000 plantas (ver tabla 1), que unidas a las casi 7000 (6975 unidades) de los terraplenes sumaron algo más de 14000 ejemplares de diferentes especies pertenecientes al piso basal. La superficie repoblada en la zona de compensación ha cubierto cerca de 18 ha, el resto, unas 4,8 ha de la zona propuesta, contiene un hábitat en buenas condiciones donde no se precisa la repoblación. La plantación se efectuó de forma manual mediante ahoyado con azada, haciendo una pequeña poceta para la recogida de agua de lluvia y riegos. Se pudo prescindir de protector individual al no tratarse de especies palatables y no existir ganado en la zona. Debido a la supervivencia de las plantaciones de 2011/12 se modificó el marco de plantación, aumentando a 3 x 3 en las tabaibas y a 4 x 5 en el caso de los cardones.

Tabla 1. Resumen de repoblación forestal en la zona de compensación.

POLÍGONO	ESPECIE	PLANTACIÓN	CONTENEDOR	Nº PLANTAS
1	Tabaiba dulce	Invierno 2016/17	Forestal	200
2	Tabaiba dulce	Invierno 2016/17	Forestal	460
3	Tabaiba dulce	Invierno 2014/15 Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Maceta Forestal y maceta Forestal	1100
4	Cardón	Invierno 2012/13 Invierno 2013/14 Invierno 2014/15 Invierno 2016/17	Forestal Forestal Forestal Maceta	325
5*	Verol, tabaiba amarga, cornical y magarza	Invierno 2016/17	Maceta	241
6	Cardón	Invierno 2012/13 Invierno 2013/14 Invierno 2016/17	Forestal Forestal Maceta	200
7	Magarza, verol y cornical	Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Maceta Maceta	355
8	Tabaiba dulce	Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Forestal Maceta	826
9	Cardón	Invierno 2011/12 Invierno 2015/16	Maceta Maceta	359
10	Cardón	Invierno 2011/12	Maceta	100
11	Tabaiba	Invierno 2011/12 Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Maceta Forestal y maceta Forestal	1086
12	Cardón	Invierno 2016/17	Forestal y maceta	1076
13	Cardón	Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Forestal y maceta Maceta	224
14	Magarza, verol y cornical	Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Maceta Maceta	202
15	Tabaiba dulce	Invierno 2015/16	Forestal	150
16	Tabaiba dulce	Invierno 2015/16	Forestal	200
17	Tabaiba dulce	Invierno 2011/12 Invierno 2015/16 Invierno 2016/17	Forestal Maceta Forestal	229

*Se incluyó tabaiba amarga, debido a que hasta este polígono llegó tierra procedente del terraplén contiguo.

La mayoría de los polígonos (ver Figuras 1a y 1b) están ajustados al número de plantas previsto inicialmente, pero en algunos casos por regeneración ya existente (polígono 8) y en otros por falta de suelo o excesiva pedregosidad (polígono 14) hubo

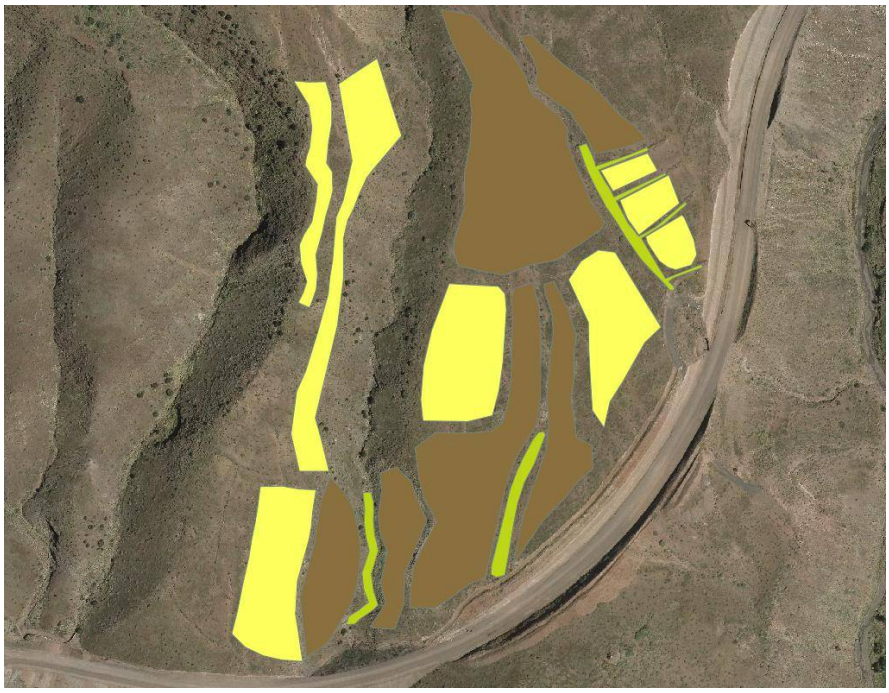


Fig.1a. Polígonos de repoblación por especies en Lomo Cambado y Llano del Morrete del Cura.

Tabaiba dulce *Cardón* *Magarza y otras*

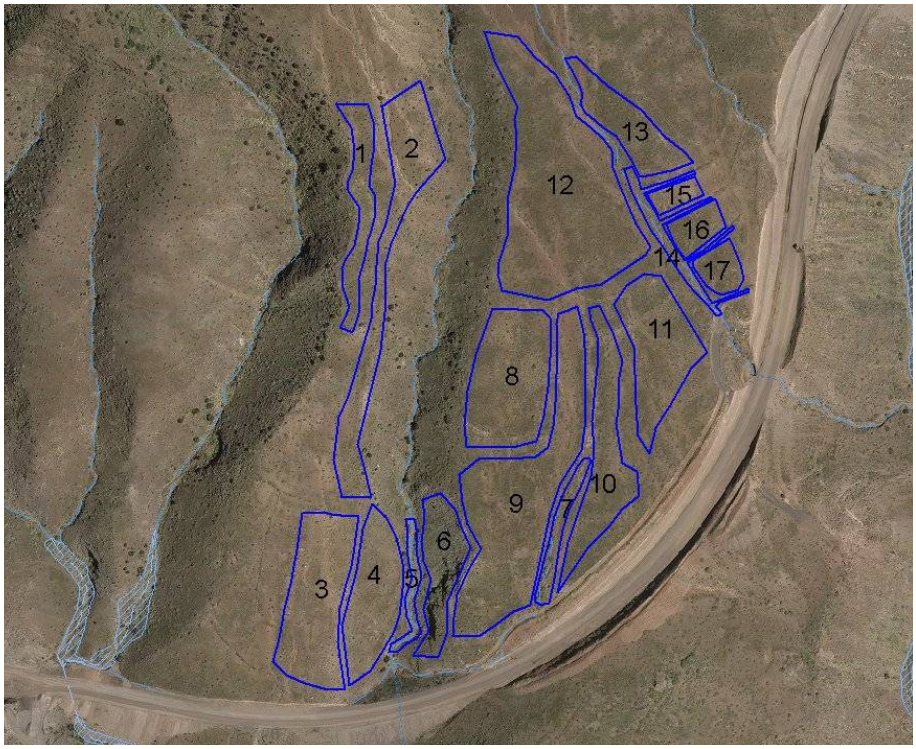


Fig.1b. Numeración de los polígonos de repoblación en Lomo Cambado y Llano del Morrete del Cura.

cambios. Con el fin de compensar la falta de planta de esos polígonos, se aumentó el número de plantas en los polígonos 5 y 11 (ver Tabla en Anexo). Para el control y seguimiento de los polígonos de repoblación se contabilizaban el número de plantas por fila. Se tomaron además 121 puntos de referencia de cardones o tabaibas plantadas en los márgenes de los polígonos para el control del contorno de los mismos.

A la pregunta que pueda surgir acerca de por qué se plantaron cardones en terraplenes antes de concluir los polígonos de la repoblación compensatoria con cardones, hay que buscar las respuestas en varias razones. Las razones derivaron de la calidad de planta, la calidad de estación, la época de plantación y de la gestión de mantenimiento. Los cardones de 20 cm plantados en terraplenes, altura ajustada al proyecto de carretera, difícilmente podrían arraigar en la zona de compensación tras el seguimiento realizado, menos aún con el retraso de la apertura de la obra durante los meses de primavera, mientras que en los terraplenes podían ser regados desde la carretera. Los cardones de 4 savias plantados en glorietas, debido a su peso (>15 kg/unidad) no resultaba aconsejable desde el punto de vista ergonómico y logístico plantarlos en la repoblación compensatoria. Mientras que en las glorietas los cardones eran depositados a pie de obra, en la zona de compensación hubieran tenido que ser transportados a mano ladera arriba entre dos operarios. Si bien en las laderas de compensación existe una facie degradada del cardonal tabaibal que justifica la restauración del hábitat, también es cierto que la calidad de estación es mejor que la de terraplenes con un substrato inestable y apropiado para la ocupación de especies exóticas invasoras. La mejora de la estabilidad de los terraplenes con especies nativas se consideró una prioridad. En definitiva, se trató en todo momento de optimizar recursos y dar las mayores posibilidades de arraigo a las plantas.

Los cuatro inviernos antes del período 2015/16 sirvieron para hacer un seguimiento de las plantaciones a la vez que experimentar (Santamarta, 2014). Los experimentos se realizaron con cardones, pues era la especie que podía poner a disposición el vivero forestal del Cabildo de Gran Canaria.

Después de las VI Jornadas Forestales de la Macaronesia (2014) quedaba planteada la prueba con cardones procedentes de esqueje. A raíz de eliminar algunos cardones de gran tamaño en el relleno del futuro terraplén R37 que hacía inviable el trasplante, se optó por la producción de esqueje en vivero para salvar el material vegetal. El experimento se basó en plantar una bandeja de cardones esquejados tras un periodo de 6 meses enviverados en contenedores de 1,5 L. Se plantaron a partir de mediados de diciembre de 2014 en el polígono 4. Otra bandeja de esquejes permaneció en vivero un nuevo año, hasta el siguiente invierno que fue cuando se plantó en desmonte como otra experiencia. A pesar de tratarse de una buena época para plantar, en el primer mes se perdió un tercio de las plantas. La experiencia acumulada en la zona hizo pensar en la falta de enraizamiento del esqueje como factor limitante. Para salvar al resto de la plantas, se optó por regar a pesar de tratarse de invierno, continuando con el riego hasta concluido el verano. El verano lo sobrevivió el 60% de las plantas, permaneciendo este porcentaje hasta 2017. Estos cardones están marcados con estaca de madera (ver Anexo), con el fin de conocer los fenómenos (ciclófisis y topófisis) asociados a la reproducción vegetativa. La plantación de esquejes no es lo recomendable para repoblaciones, pero se trató de un nuevo

experimento con material procedente de cardones extraídos del trazado de la carretera. A pesar de el número reducido de plantas empleadas y que no se puede dar por concluido el seguimiento, la experiencia indica que las plantas esquejadas necesitan el suficiente período en vivero para enraizar y así afrontar mejor la climatología adversa en el terreno.

La toma de datos de los 200 cardones de los polígonos 9 y 10 y de las 200 tabaibas de los polígonos 11 y 17 que se llevó a cabo en 2012, ha servido para continuar midiendo las plantas y llevar a cabo un seguimiento exhaustivo.

Los cardones de los polígonos 9 y 10 en 2014, pasados dos veranos, estabilizaron su porcentaje de supervivencia. La separación por rango de altura demostró que el arraigo por debajo de los 30 cm de altura era muy bajo (ver Tabla 2) y, que a partir de los 40 cm el porcentaje de supervivencia era alto. La medición de la altura en las plantas vivas sirvió para comprender que el crecimiento medio es bajo en todos los cardones, si bien es mayor en las plantas más pequeñas. Sin embargo, la ramificación de los cardones desde su base es el indicador determinante para conocer su incremento en biomasa y, por tanto, su mejor adaptación al medio. Así se contabilizó el número de cardones ramificados y se midió la longitud de los *brazos*, obteniendo como resultado significativo que el número de cardones ramificados y su incremento en biomasa aumenta con el porte de las plantas. Nuevamente a partir de los 40 cm el incremento de biomasa resultó alto.

Tabla 2. Porcentaje de arraigo, crecimiento medio de altura en cm e incremento de biomasa de los cardones según rango de altura, para una muestra de 153 individuos.

Rango de altura	Arraigo (%)	Crecimiento altura (cm)	Cardones ramificados (%)	Nº *brazos* (rango)	Incremento biomasa (%)
20-29	25	3,2	20,0	0,6 (0-3)	10,9
30-39	63	1,7	39,4	1,0 (0-4)	28,5
40-49	95	0,8	81,8	2,1 (0-4)	70,9
50-59	93	0,5	87,5	3,1 (0-6)	48,6
60-69	91	0,7	87,8	3,6 (0-7)	64,5
70-79	100	0	100	4,7 (1-11)	91,9

Las tabaibas en contenedor forestal del polígono 17 tenían en 2012 una altura media de 34,9 cm que se redujo en 2015 en 2,2 cm (ver Tabla 3). Si bien la altura se redujo en algunos individuos uno o dos centímetros por la sedimentación del suelo procedente de ladera arriba, desde el primer año se observó que el viento era el factor limitante por el cual las tabaibas comenzaban a perder altura. Por un lado, el efecto de evaporación llevaba a que se secasen las puntas -se comprobó rápidamente que las tabaibas puntisecas perdían altura-, por otro lado, la acción mecánica del viento tumbaba las plantas. Aproximadamente la mitad de las tabaibas de este polígono ha perdido altura por el viento, mientras que la otra mitad ha sido capaz de crecer en altura, aunque poco (ver Figura 2). Ello, sin embargo, no quiere decir que las plantas se hallen en mal estado, puesto que su biomasa se ha incrementado y las tabaibas se han adaptado al viento adquiriendo una forma achaparrada y ensanchando el diámetro desde su base. El cálculo de la biomasa es destructivo o muy costoso por lo que solo pudo ser observado con el seguimiento de las plantas.

Tabla 3. Porcentaje de arraigo, altura media y crecimiento en cm de las tabaibas en los años 2012 y 2015 según tipo de contenedor (polígonos 11 y 17), para una muestra de 187 individuos.

Contenedor	2012		2015		
	Arraigo	Altura media	Arraigo	Altura media	Rango de crecimiento
Maceta (11)	100	42,4	96	50,7	(-6) – (+19)
Forestal (17)	100	34,9	91	32,7	(-29) – (+9)

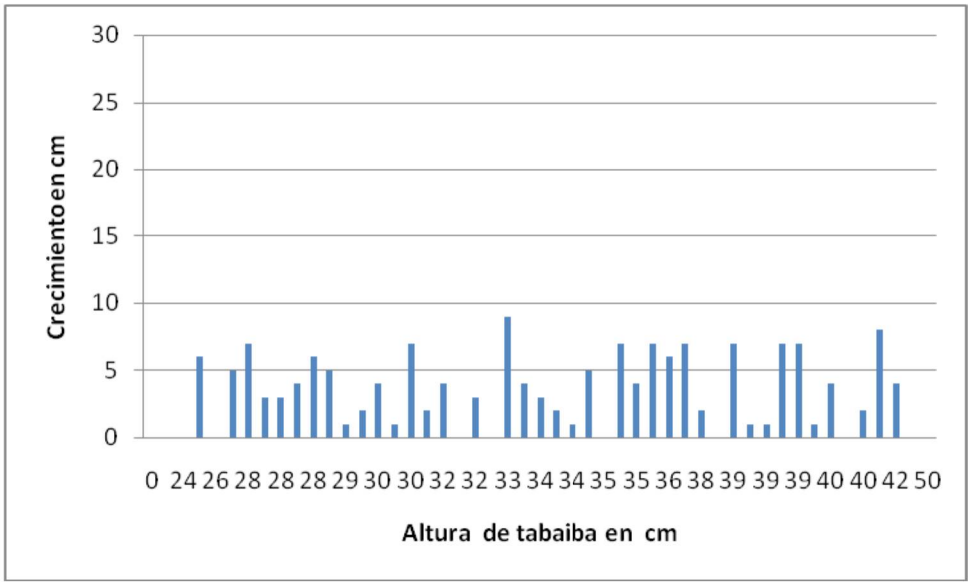


Fig 2. Crecimiento en cm de tabaibas dulces procedentes de contenedor forestal según la altura de las plantas (2012 – 2015).

Las tabaibas en macetas del polígono 11 también sufrieron el impacto del viento y un 24% de las plantas descendieron en altura en 2015 (ver Fig. 4). A pesar de ello han podido experimentar un crecimiento medio en altura de poco más de 8 centímetros en 3 años (ver Tabla 3). En marzo de 2016 pudieron medirse todas las plantas del polígono y la altura media alcanzó los 54,1 cm. Si se comparan la tabaibas de ambos contenedores se puede partir de la hipótesis que las plantas con menor substrato (contenedor forestal) son más sensibles a la evaporación que provoca el viento. Las plantas en macetas con mayor substrato pudieron hacer mejor frente a la sequía que produce el viento y por ello no se observan tantas tabaibas puntisecas en el polígono 11. En ambos casos el porcentaje de supervivencia ha sido muy alto (ver Tabla 3).

Fig.3. Tabaiba dulce de contenedor forestal bajo los efectos del viento (febrero 2012).

Fig.4. Tabaiba dulce de maceta bajo los efectos del viento (febrero 2014).

Tras el verano de 2017, con la conclusión de la primera fase de la nueva carretera, se procedió a un control de supervivencia de las especies en aquellos polígonos donde la repoblación se efectuó en los dos últimos años (ver Tabla 4) y por tanto no habría habido control anterior. Tras la experiencia acumulada en los 4 polígonos plantados en 2012, se procedió a realizar riego de asentamiento en el caso de la tabaiba si así

se consideraba necesario y riego de mantenimiento obligatorio en verano en el caso del cardón para minimizar sus marras. Los riegos de mantenimiento en verano no son apropiados para las tabaibas, ya que su mecanismo natural frente a la sequía estival consiste en perder la hoja.

Tabla 4. Arraigo de las plantas por especie y polígono tras el trascurso del primer o segundo verano

ESPECIE	POLÍGONO	VERANOS	RIEGOS	ARRAIGO %
TABAIBA DULCE	1 -2	1	1 a* y 1 m* (2017)	94
	3	2	1 a (2015 y 2016)	99
	8	2	1 a (2016)	91
	15	2	1 a (2016)	98
	16	2	1 a (2016)	95
CARDÓN	4	1	3 m (2017)	100
	6	1	3 m (2017)	100
	9	2	2 m (2016)	76
	12	1	3 m (2017)	98
	13	2	2 m (2016)	85

a*: riego de asentamiento; m*: riego de mantenimiento. Los cardones recibieron también un riego de asentamiento.

Los porcentajes de arraigo en tabaiba dulce tras dos veranos se mantienen en el mismo rango logrado en las experiencias de 2012 en los polígonos 11 y 17. El porcentaje de supervivencia tan alto alcanzado supone que no es necesario reponer marras. Únicamente en los polígonos 1 y 2 la supervivencia ha bajado un poco más debido a la plantación entrada la primavera y a la poca altura de algunas plantas, por lo que sería conveniente volver a llevar a cabo un seguimiento tras el segundo verano y, así valorar la necesidad o no de reponer marras.

Los porcentajes de arraigo tras el primer verano en los polígonos 4, 6 y 12 de cardón son excepcionales debido principalmente a la cantidad (tres) y distribución de riegos (uno por mes) realizados en el período de sequía. Sería aconsejable hacer de nuevo un seguimiento tras el segundo verano para saber si la supervivencia mejora a la del resto de polígonos. El seguimiento en la nueva plantación del polígono 9 después de dos veranos demuestra que el porcentaje de arraigo se iguala a la experiencia de 2012 del mismo polígono (Santamarta, 2014). Sin embargo, la supervivencia alcanza un valor ligeramente más alto (85%) en el polígono 13, debido probablemente a su plantación más temprana, mayor facilidad de riego y plantas de mejor calidad con respecto al polígono 9. En el polígono 9 se plantaron cardones de hasta casi 1 metro de altura que sufrieron bajo la acción del viento.

La política del riego permaneció similar a la instaurada en los polígonos 9, 10, 11 y 17 al inicio del período de plantación 2011/12 y basada en la Memoria Técnica. Así los polígonos de repoblación de tabaiba dulce fueron sometidos a un riego de asentamiento de 5 litros por planta, salvo que la lluvia coincidiera con el riego en alguna zona dentro de un polígono. Los polígonos repoblados con cardones, además recibieron riegos de mantenimiento durante el verano. Los polígonos repoblados en 2017 al haber sido plantados en primavera llegaron a recibir hasta tres riegos (ver Tabla 4) de 5 litros por planta. La logística asociada al riego fue muy a menudo complicada, pues dependía de la disponibilidad de la máquina y de los depósitos de

agua de las empresas constructoras de la obra (ver Figura 5). Esas dificultades se trasladaron al retraso de los riegos en algunos polígonos.

En la tabla 4 no se muestran los porcentajes de arraigo de las plantas de los polígonos 5, 7 y 14 debido a varias dificultades. En el invierno 2015/16 sólo se plantaron 100 margaritas distribuidas en los polígonos 7 y 14. El resto de la repoblación hasta llegar a las 798 plantas se realizó en el último invierno 2016/17. La visualización de los ejemplares no ha sido posible por no poder plantarse al tresbolillo, por encontrarse dispersas las plantas en las estrechas vaguadas sin protectores individuales y, sobre todo, por no haber aún brotado a la fecha de cierre de este seguimiento. Las observaciones realizadas con las margaritas del primer año hacen pensar en un porcentaje importante de arraigo y, en lo que es más importante, la consecución de un ciclo de floración y fructificación. Sin embargo, las mayores exigencias de las especies plantadas en esta zona con respecto a tabaibas y cardones, así como las extremas condiciones de sequía de La Aldea no permiten ser muy optimistas en cuanto a la supervivencia se refiere. Ello no impide a que en el futuro se realice un seguimiento y se conozca más en detalle el arraigo.

Fig. 5. Transporte de depósito para el riego de las plantaciones

PLANTACIÓN EN TERRAPLENES

El terraplén se define como terreno de pendiente pronunciada procedente de tierra de relleno que se emplea para salvar un desnivel. Diversos factores influyen en este tipo de plantación, de tal forma que la casuística es mayor que en la repoblación forestal como medida compensatoria. Los factores más importantes son la pendiente, la calidad del suelo, las dificultades del trabajo y la época obligada de plantación. La pendiente obliga a diferenciar entre los inclinados taludes de terraplenes y las zonas llanas de rotondas y bermas. Mientras que en los taludes las plantas tienen serias

dificultades para retener agua y así enraizar, en las rotondas, enlaces y bermas ese problema no existe. La calidad del suelo vegetal es el segundo factor determinante, puesto que las tierras que se vierten en los taludes, además de haber sido previamente compactadas para el futuro uso de la carretera, carecen de una textura adecuada. Las dificultades en el trabajo vienen dadas por la seguridad del trabajador en grandes taludes y en los problemas para trabajar en zonas valladas o con mallas. La plantación en el entorno de la carretera se tiene que llevar a cabo cuando las obras del terraplén, desmonte o glorieta han concluido, antes no tiene sentido. Una vez llegó la carretera a su perfil definitivo, aún se vertieron tierras en los terraplenes, lo que dificultó el inicio de las plantaciones. La conclusión de la ejecución de la GC-2 y su entorno tuvo lugar en primavera y verano, la peor época para plantar en Canarias por la falta de precipitaciones y humedad.

La gran pendiente de los terraplenes y la tierra vertida en algunos de ellos provocan inestabilidad superficial que se traduce en erosión laminar. El seguimiento de los terraplenes durante la ejecución de la obra sirvió para comprobar la capacidad colonizadora en esas condiciones adversas de las especies vegetales, principalmente la de exóticas invasoras (rabo de gato y tabaco moro).

Se acordó con la dirección de obra en actuar antes del verano de 2016 en un terraplén aledaño a la zona de repoblación compensatoria. El objetivo consistía en experimentar con especies de cardonal-tabaibal y poder trasladar la experiencia a los demás terraplenes. Para ello había que plantar con suficiente tiempo de antelación y poder conocer la supervivencia después del primer verano. En 2016 se precintó el terraplén R-24 aguas arriba donde la dirección de obra dejó de verter y, donde se plantó un pequeño grupo formado por cardones y tabaibas amargas. Las plantas cedidas por el Servicio de Medio Ambiente del Cabildo de Gran Canaria procedían de contenedor forestal Arnabat. Se practicó un riego por goteo portátil en cada planta durante el verano (ver Fig. 6), con el fin de evitar la pérdida de agua ladera abajo. Las plantas sobrevivieron el primer verano. El segundo verano, el de 2017, las plantas ya tuvieron que sobrevivir sin riego.

En otro terraplén (R-21 aguas abajo) alejado de la repoblación compensatoria se pudo realizar un seguimiento de la vegetación pues su perfil definitivo se alcanzó un año antes. Ambos terraplenes sirvieron para conocer la dinámica de recolonización vegetal en base a la exposición y sustrato. Así sobre sustrato arenoso y exposición de solana el rabo de gato es el primer gran colonizador, mientras que sobre sustrato rocoso y exposición de umbría lo hace primero el tabaco moro. Hay que tener en cuenta que los terrenos estables en el entorno de los terraplenes, si bien pertenecen a formaciones de sustitución compuestas en gran parte por aulagas, cerrillos y avena, no presentan la existencia de especies exóticas invasoras. Por tanto la colonización de los terraplenes vino a través del transporte de las semillas por el viento y en menor medida por el uso de material previamente contaminado (por ejemplo: material acopiado con presencia de tabaco moro que posteriormente fue vertido en el terraplén R-37).

Fig. 6. Detalle del riego por goteo portátil junto a planta de cardón en terraplén

El seguimiento anual sirvió para comprobar que en el R-21 había aulagas y herbáceas nativas además de tres balos y dos tajinastes blancos frente al rabo gato. En el R-24 crecieron desde un principio aulagas, barrillas y herbáceas nativas frente al tabaco moro. Se optó por respetar toda la vegetación nativa y controlar las exóticas invasoras, eliminándolas a la vez que se plantaban las especies de cardonal-tabaibal. Hasta la apertura de la carretera se eliminaron dos veces rabo gato en el R-21 y se cortó asimismo dos veces tabaco moro en el R-24.

Todas las especies vegetales al arraigar sobre el terraplén crean un desarrollo radical que estabiliza el perfil del terreno. Este aspecto positivo es extensible por tanto también a las especies introducidas. No solo el enraizamiento estabiliza el terreno, sino la cubierta vegetal, que en el momento de las precipitaciones, minimiza el impacto de las gotas de lluvia evitando la erosión. Sin embargo, el Real Decreto 630/2013 que regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras obliga a la Administración a controlar estas especies por motivos ecológicos. La gestión de las exóticas invasoras debe ser integral, es decir, conocer todos los aspectos. El cambio de especie introducida por nativa debe tener en cuenta las particularidades de las especies e incluso la climatología, lo que podría llevar a que el cambio fuera de manera paulatina. La gestión integral del control de exóticas invasoras conlleva el cambio de la especie adecuada en el momento adecuado. Abramos un paréntesis y, a modo de ejemplo pensemos por un momento en el control de una zona cubierta por tunera india (Opuntia ficus-indica) que cubre una superficie donde esta vegetación minimiza la erosión, pero donde además se refugian lagartos endémicos y los frutos sirven de alimento a especies de paseriformes nativos. La eliminación de las tuneras de una sola vez podría incrementar la erosión y reducir la fuente de alimentación de lagartos y aves. El cambio de tunera por especies nativas debe ser gradual para conseguir el arraigo de las especies nativas a la vez que proporcionan el refugio y la alimentación adecuada.

La plantación de especies vegetales en un terraplén recién creado no puede por sí misma conseguir la máxima estabilidad. La vegetación tarda en arraigar, crecer y colonizar el terreno desnudo. Hay que usar técnicas complementarias que básicamente ayuden a la implantación de la vegetación. Las técnicas de ingeniería biológica propuestas fueron la instalación de empalizadas de madera y de mantas orgánicas. El proyecto no contemplaba dichas técnicas, tan solo la plantación. Las técnicas por tanto deberían ser retomadas por el órgano de conservación de la carretera. Únicamente se logró a modo de prueba instalar una manta de fibra de coco de 8000 m^2 en el R-37 aguas arriba por la enorme dificultad de gestionar ese terraplén (ver Figura 7). Se solicitó una manta orgánica 100% biodegradable, carente de un entrelazado de plástico. Así se instaló una manta de fibra de coco con entrelazado de yute, que si bien es algo más cara por m^2 no genera residuos plásticos. Antes de instalar la manta orgánica se procedió, en primer lugar a sanear el terraplén eliminando piedras sueltas de gran tamaño, en segundo lugar se vertió una capa de unos 20 cm de tierra vegetal y se extendió la misma homogéneamente sobre el sustrato rocoso. El tercer paso fue instalar la fibra de coco y, el cuarto y último, consistió en abrir huecos en la manta para colocar las plantas. Se comprobó la necesidad de especialización en su instalación para evitar desajustes. Un día de lluvia, cuando aún no se había acabado de instalar la mitad de la manta, provocó surcos que luego no fueron recubiertos por tierra vegetal. El surco junto a una zona inferior del terraplén a donde no llegó el vertido de tierra vegetal, pero cubiertas ambas por la manta orgánica no pudieron ser plantadas al carecer de substrato.

Fig. 7. Instalación de manta orgánica de fibra de coco en el terraplén R-37

La plantación prevista en los terraplenes según el proyecto era de cardones y tabaibas. Ante la falta de previsión de producción de plantas de estas especies, en el momento de ejecución se comprobó que no había suficiente número de cardones y tabaibas en los viveros privados y públicos para abordar las plantaciones. La imperiosa necesidad de plantar como medida de freno ante la erosión y el

cumplimiento de los condicionantes ambientales, obligó a abrir el abanico de especies con el visto bueno administrativo de los servicios ambientales del Gobierno de Canarias (ver Tabla en Anexo). Tras la visita de viveros y el consenso entre técnicos forestales y ambientales se decidió plantar otras especies como verol, bejeque, vinagrera, esparraguera (informe interno de la Viceconsejería de Medio Ambiente). El seguimiento de estas plantaciones en el futuro será necesario para la selección de especies. Por lo pronto, ante la experiencia del R-24 aguas arriba se reitera la recomendación del uso del cardón y tabaiba amarga. El seguimiento de las plantaciones en los terraplenes se tendrá que llevar a cabo por escaladores forestales, ya que desde la carretera no se puede ver el arraigo de la mayoría de las plantas.

La plantación por grupo de especies en los terraplenes es si cabe aún más importante con el fin de mejorar la gestión y abaratar costos. Las especies necesitan un mantenimiento diferente. Así se deben de plantar los cardones separados de grupos de tabaibas por la sencilla razón de que los cardones requieren de riego de mantenimiento en verano, mientras que las tabaibas no. La facilidad de riego en la parte superior de los terraplenes motivó la plantación de cardones ahí.

La experiencia del último año de la carretera apunta a la necesaria compaginación entre la ejecución de la obra pública y la ejecución de las tareas medioambientales integradoras. La elevada pendiente de los terraplenes, la calidad del substrato y la climatología adversa (viento y escasas precipitaciones) propiciaron la colonización en primera instancia de rabo de gato y tabaco moro. A estos inconvenientes hay que añadir la finalización de la obra en los meses de abril a septiembre. En los desmontes la problemática es diferente, pues en los taludes es imposible actuar con plantación, mientras que en las bermas el acceso y la superficie apta para la plantación se ve muy limitada por las mallas de contención y el vallado. Sin embargo, obviar la integración ambiental puede conllevar al incumplimiento de la legalidad y/o a sobrecostes en la conservación y mantenimiento de la carretera. En los próximos años el seguimiento ambiental será indispensable, con el fin de mejorar la actuación conjunta en futuras infraestructuras viarias.

COSTOS Y RENDIMIENTOS

Las plantas según el número de savias y el tipo de contenedor varían en costos. Debido a estas variaciones es lógico que se baraje un rango de costos. Para plantas de una o dos savias el rango fue de 3 a 6,4 euros la unidad. Ese precio incluyó suministro de planta en maceta o contenedor forestal, transporte, distribución de planta en el campo, ahoyado y plantación. Los precios más bajos corresponden a las margaritas y los más altos a los cardones, en medio quedan las tabaibas dulces y amargas. El cardón es alrededor de un 20% más caro que la tabaiba, debido fundamentalmente a su mayor dificultad de manipulación y peso. Caso aparte son los cardones plantados de varias savias, procedentes de grandes macetas con interés para la jardinería, y que pueden llegar a 40 euros la unidad en islas o glorietas.

Si comparamos la plantación en terraplén con la plantación en las laderas de Lomo Cambado y Llano del Morrete del Cura, los mismos cardones y tabaibas resultan un 7% más caro en terraplén, ya que el trabajo en terraplén requiere de más

especialización. El personal realiza un gran esfuerzo físico, cargando especialmente la musculatura de las piernas, y requiere protección de canillas y tobillo frente a la continúa rodadura de piedras.

El rendimiento en terraplén y ladera es lógicamente diferente, puesto que la pendiente en el terraplén es más pronunciada y el movimiento de los trabajadores más limitado. En terraplén se ahoya y se planta a continuación, pues así la tarea resulta más productiva. En la ladera se puede ahoyar durante una jornada completa para plantar en otra jornada, optimizando así el trabajo. Las mayores dificultades para la plantación en terraplén se traduce en una media de 40 plantas/persona/día. No obstante, según la dimensión del terraplén y el substrato el rendimiento puede variar de manera considerable. En las laderas de la zona de compensación el rendimiento medio pudo rondar las 60 plantas/persona/día.

Las plantaciones necesitaron riego para garantizar la supervivencia después del primer verano. El cálculo de los costos del riego es complicado, debido a que el agua y las mangueras la suministraron las empresas constructoras de la obra, mientras que a los gastos de la repoblación se computó las horas de riego de los operarios. A partir de este contexto, se puede decir que el riego puede llegar a un cuarto de los gastos totales de la plantación en el caso de que se den riegos de mantenimiento. Las mayores diferencias se pueden dar entre las repoblaciones de tabaiba frente a cardón. Las plantaciones de tabaiba requieren de menos riegos, pero el marco de plantación es menor y, por tanto, el número de tabaibas por hectárea mayor frente a la plantación de cardón. Así, para el polígono 11 de tabaiba dulce se calcula que el gasto fue de 5800 €/ha, mientras que para el polígono 12 de cardón se calcula que fue de 3900 €/ha aprox.

BIBLIOGRAFÍA

Declaración de Impacto Ecológico del Proyecto de Trazado de Nueva Carretera GC-2 (BOC núm. 100, de 27 de mayo de 2006).

Informe sobre la ejecución de la medida correctora relativa a la plantación en nudos y terraplenes recogida en el seguimiento ambiental del proyecto “Modificado nº2 del proyecto de construcción de la carretera de La Aldea-Agaete. Tramo La Aldea- El Risco. Isla de Gran Canaria”. Informe interno de la Consejería de Obras Públicas y Transportes del Gobierno de Canarias 2017-08-18.

Informe final sobre la medida compensatoria de “Plantación entre el Lomo Cambado y El Llano del Morrete del Cura, dentro del Parque Natural de Tamadaba” contemplada en el seguimiento ambiental del proyecto “Modificado nº2 del proyecto de construcción de la carretera de La Aldea-Agaete. Tramo La Aldea-El Risco. Isla de Gran Canaria”. Informe interno de la Consejería de Obras Públicas y Transportes del Gobierno de Canarias 2017-09-25.

Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Tamadaba (BOC núm. 196, de 8 de octubre de 2003)

Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de

especies exóticas invasoras.

Santamarta, J.C. (ed.) (2014). Investigación, Gestión y Técnica Forestal, en la Región de la Macaronesia. Madrid. Colegio de Ingenieros de Montes. 325 pp.

ANEXO

Tabla de especies previstas y plantadas por polígonos en la zona de compensación

FECHA: 29 MAYO 2017

POLIGONO	ESPECIE		Total Especie	Plantas previstas	Plantadas	Porcentaje	Resta plantar
1	Tabaiba dulce		200	200	200	100,00	0
2	Tabaiba dulce		460	460	460	100,00	0
3	Tabaiba dulce		1100	1100	1100	100,00	0
4	Cardón		325	325	325	100,00	0
5	Otros	Magarza		98	28	245,92	**0**
		Tabaib A.			49		
		Verol			121		
		Cornical			43		
6	Cardón		200	200	200	100,00	0
7	Otros	Magarza		350	201	101,43	**0**
		Tajinaste					
		Verol			100		
		Cornical			54		
8	Tabaiba dulce		1041	1041	826	79,35	0
9	Cardón		815	815	359	44,05	456
10	Cardón		291	291	100	34,36	191
11	Tabaiba dulce		900	900	**1086**	120,67	**0**
12	Cardón		1100	1100	**1076**	97,82	**0**
13	Cardón		200	200	**224**	112,00	**0**
14	Otros	Magarza		350	124	57,71	0
		Tajinaste					
		Verol			68		
		Cornical			10		
15	Tabaiba dulce		150	150	150	100,00	0
16	Tabaiba dulce		200	200	200	100,00	0
17	Tabaiba dulce		200	200	**229**	114,50	**0**

Total por Especie:

Cardón	**2.931**
Tabaiba dulce	**4.251**
Magarza	**798**
Tajinaste	
Verol	
Cornical	

Total Plantado por Especie:

Cardón	**2.284**		
Tabaiba dulce	**3.591**	**660**	**4.251**
Magarza	**353**	**798**	
Tabaiba Amarga	**49**		
Verol	**289**		
Cornical	**107**		

Resta Plantar por Especie:

Cardón	**647**
Tabaiba dulce	**0**
Magarza	**0**
Tabaiba Amarga	
Verol	
Cornical	

Total: 7.980 **Total Plantado: 7.333 91,89%**

Fuente: Consejería de Obras Públicas y Transportes del Gobierno de Canarias.

Tabla de especies plantadas por terraplenes.

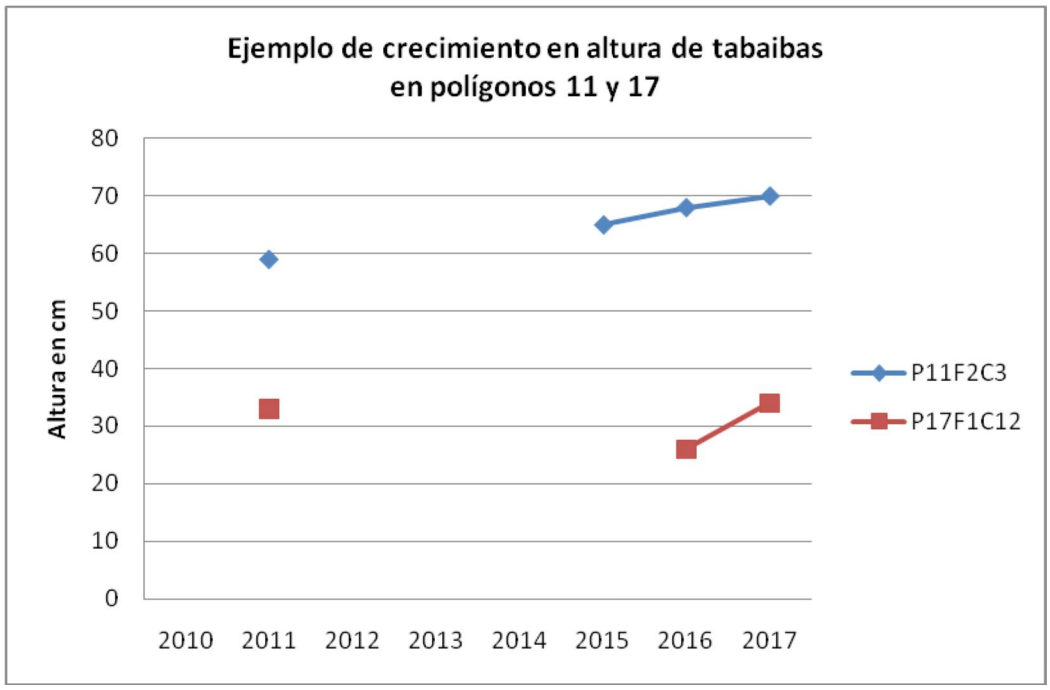
TERRAPLÉN PLANTADO		Nº ESPECIES PLANTADAS											
Glorieta		CARDÓN	TABAIBA DULCE	TABAIBA AMARGA	MAGARZA	TAJINASTE	VEROL	CORNICAL	ESPARREGUERA	VINAGRERA	BALILLO	GUAYDIL	TOTAL por terraplén
Enlace Zona Glorieta	IZQ.		20	20		20			15				75
	DCH.	60	9			19	19		19				226
R1	IZQ.	20	25			20		15	20				
	DCH.	13	33	30	10	69	36	70	30	28	33	24	780
R2	DCH.	50	37	22	5	53	47	52	32	57	35	14	
R3	IZQ.				5	10	14	15		25	5	10	84
	DCH.		8		10	20	10	20	12	30	10	20	500
R4-5d	DCH.		4		24	56	49	42	15	83	28	59	
R6, R7, R8	IZQ.					5	5	3	5	11		6	35
	DCH.	5			10	6	6			8			125
R9-10d	DCH.	15				4	4	10		27		30	
R11	R11-12 DCH.				10	10	10	10	10	25		25	100
R12	IZQ.	10			10	10	10	10	10	20		20	140
R13-14d	DCH.				8	10	4			8		10	
Enlace Andén Verde Lado Izq.	TALUD EJE 5 (bajada Mirador)	13			8	5	0	8		16		16	66
	TALUD EJE 6 (Ramal incorporación hacia La Aldea)	26	26			26		26	26				130
Enlace Andén Verde Lado Dcho.	TRIÁNGULO	60	10	1		11	11		22				115
	LÁGRIMA	70			0	0	0	0				0	200
R15	DCH.	130	0	0	0	0	0	0				0	
R16	DCH.	0	0	82	50	64	72	60				0	328
R17	IZQ.	0	0	30	24	30	37	19				0	140
	DCH.	0	0	0	6	5	10	5				0	
R18-19	DCH.	5	2	8	0	0	0	0	4	3	3	0	51
Barranco de La Arena	IZQ.	1	0	0	3	2	2	1				0	9
	DCH.	60	6	5		11	11		22				115
R22-23	IZQ.	77	27			21		32	30				187
	DCH.	15	15	15	0	6	6	3				0	313
R24	IZQ.	52	57	66	5	28	18	4	6	11	2	4	
	DCH.	22	22	22	2	6	10	4				0	292
Restauración Camino Acceso D2	DCH.	51	51	51	0	15	22	14				0	
R25	DCH.	20				10							30
R26	DCH.	11	11	11	0	0	1	1				0	35
R27-28	IZQ.	16	16	16	0	0	2	0				0	50
	DCH.	58	58	58	2	2	3	2				0	545
R29	IZQ.	115	115	115	3	4	3	7				0	
	DCH.	32	33	41	3	7	28	8				0	344
R31-32	R31 IZQ.	48	48	48	2	14	22	10				0	
	R32 IZQ.	11	16	40	3	18	22	0				0	484
	R31-32 DCH.	6	8	3	10	9	10	8				0	
Zona CAI	DCH.	20	0	90	50	50	60	50				0	
Entrada Túnel Lado LA.		10	2	8									20
Entrada Túnel Lado ER.		0	0	0	0	0	0	0				0	0
R37	IZQ.	0	0	0	0	0	0	0				0	0
	DCH.	101	50	221	96	107	95	30				0	1.353
Restauración Camino Risco	DCH.	41	65	146	19	117	55	22	70	70	44	4	
		14	28	20	2	9	30	0	0	0	0	0	103
	TOTAL por especie	1.258	802	1.169	380	889	744	561	348	422	160	242	6.975

Fuente: Consejería de Obras Públicas y Transportes del Gobierno de Canarias.

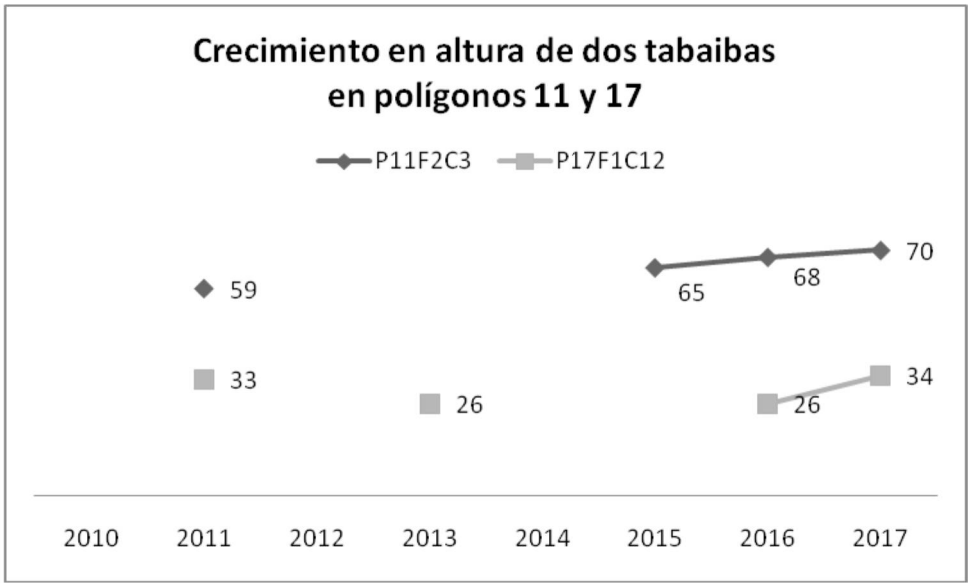
CRECIMIENTO DE TABAIBAS DULCES TRAS SEIS VERANOS (2012-2017)

Polígono 11: Tabaiba dulce (P11F2C3) procedente de maceta

Polígono 17: Tabaiba dulce (P17F1C12) procedente de contenedor forestal



El gráfico demuestra que las tabaibas no crecen muchos centímetros en altura, pues su dinámica de crecimiento se basa en achaparrarse. La tabaiba procedente de contenedor forestal (P17F1C12), puntiseca por el efecto del viento, ha logrado crecer en altura y superar su altura inicial en el último período de crecimiento 2016/17.



EJEMPLO DE CARDONES CON DIFERENTES SITUACIONES DE PARTIDA

Polígonos 9-10: Cardones procedentes de maceta después de dos veranos (2012-2013)

Polígonos 9-10: Cardones procedentes de maceta después de cinco veranos (2012-2016)

Polígono 4: Cardón de semilla procedente de contenedor forestal (1,5 L) después de 4 veranos (2014-2017)

Polígono 4: Cardón de esqueje procedente de contenedor forestal (1,5 L) después de 3 veranos (2015-2017)

Los cardones arraigados incrementan su biomasa ramificándose desde la base.